

1/5/1

DIALOG(R) File 351:Derwent WPI

(c) 2002 Thomson Derwent. All rts. reserv.

012993384 \*\*Image available\*\*

WPI Acc No: 2000-165236/ 200015

XRPX Acc No: N00-123734

Program development apparatus for real-time control systems - has simulator that accumulates time information corresponding to cell sequentially specified in state of transition point, and requires for processing time when simulating system operation

Patent Assignee: NEC CORP (NIDE ); CATS KK (CATS-N); CAS CORP (CASC-N);

NIPPON ELECTRIC CO (NIDE )

Inventor: MATSUBA H; WATANABE M

Number of Countries: 004 Number of Patents: 006

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applicat No	Kind	Date	Week
JP 2000020347	A	20000121	JP 98189513	A	19980703	200015 B
CN 1249474	A	20000405	CN 99111476	A	19990703	200034
DE 19930130	A1	20000629	DE 1030130	A	19990630	200036
KR 2000011469	A	20000225	KR 9926777	A	19990703	200102
JP 3169896	B2	20010528	JP 98189513	A	19980703	200132
KR 316416	B	20011212	KR 9926777	A	19990703	200247

Priority Applications (No Type Date): JP 98189513 A 19980703

Patent Details:

Patent No	Kind	Lan	Pg	Main IPC	Filing Notes
JP 2000020347	A		40	G06F-011/28	
CN 1249474	A			G06F-017/00	
DE 19930130	A1			G06F-009/44	
KR 2000011469	A			G06F-009/455	
JP 3169896	B2	41		G06F-011/28	Previous Publ. patent JP 2000020347
KR 316416	B			G06F-009/455	Previous Publ. patent KR 2000011469

Abstract (Basic): JP 2000020347 A

NOVELTY - A processing time memory (14) stores the processing time of the action described by each cell of a state transition table stored in a table memory (13). A simulator (18) accumulates time information corresponding to the cell sequentially specified in the state of the transition point, and requires the processing time when simulating system operation. DETAILED DESCRIPTION - INDEPENDENT CLAIMS are also included for the following: a program development procedure; and a memory medium for storing program development program.

USE - For developing program included in real-time control systems, such as monitoring and control system of various plants, such as electric-power plant.

ADVANTAGE - System operation can be simulated using state transition table, thus improving simulation accuracy. Raises estimation accuracy of operator when developing program since validity of operator's supposition time can be confirmed. DESCRIPTION OF DRAWING(S)

- The figure shows a block diagram of the program development apparatus. (13) Table memory; (14) Processing time memory; (18) Simulator.

Dwg.1/22

Title Terms: PROGRAM; DEVELOP; APPARATUS; REAL-TIME; CONTROL; SYSTEM; SIMULATE; ACCUMULATE; TIME; INFORMATION; CORRESPOND; CELL; SEQUENCE; SPECIFIED; STATE; TRANSITION; POINT; REQUIRE; PROCESS; TIME; SIMULATE; SYSTEM; OPERATE

Derwent Class: T01

International Patent Class (Main): G06F-009/44; G06F-009/455; G06F-011/28; G06F-017/00

International Patent Class (Additional): G06F-009/445

File Segment: EPI

This Page Blank (uspto)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 プログラム開発の対象であるシステムの取り得る状態と、前記システムの外部又は内部からの刺激である事象とで特定される複数のセルを有し、各セルに、対応する状態下で対応する事象が発生した際に前記システムが実行すべき処理の内容や遷移すべき遷移先の状態を記述した状態遷移表が記憶される状態遷移表記憶部と、前記状態遷移表の各セルに対応した時間情報が記憶される時間情報記憶部と、順次入力される事象と、初期状態として入力された状態又は各セルに記述された遷移先の状態とで順次特定されるセルに対応した時間情報を累積することにより、前記システムの動作をシミュレーションした際の処理時間を求めるシミュレータとを備えてなることを特徴とするプログラム開発装置。

【請求項2】 表示部に表示された前記状態遷移表を構成する複数の事象又は複数の状態のそれぞれの表示位置のいずれかが指示されたことを検出して、その表示位置に関する位置情報を前記シミュレータに入力する入力部を備え、前記シミュレータは、前記入力部により入力された位置情報を当該表示位置に対応した事象コード又は状態コードに変換する解析部と、前記状態コードに対応した状態又は各セルに記述された遷移先の状態が格納される状態格納部と、前記時間情報が累積される時間累積部と、前記状態コードに対応した状態を前記状態格納部に前記初期状態として格納し、前記事象コードに対応した事象及び前記状態格納部に格納されている状態に基づいて、前記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定し、決定したセルに対応した時間情報を前記時間情報記憶部から読み出して前記時間累積部に累積し、前記決定したセルに記述された遷移先の状態を前記状態遷移表記憶部から読み出して前記状態格納部に格納する状態遷移判定部とからなることを特徴とする請求項1記載のプログラム開発装置。

【請求項3】 前記初期状態と、前記状態遷移表に記述された各事象の発生タイミングや前記システムの構成要素が仕様上動作すべきタイミングとを記述した試験スクリプト・ファイルを前記シミュレータに入力する事象入力部を備え、前記シミュレータは、前記事象入力部により入力された試験スクリプト・ファイルの複数の事象が発生する時間順に並べ替えた事象入力シーケンスを作成する事象解析部と、前記初期状態又は各セルに記述された遷移先の状態が格納される状態格納部と、前記時間情報が累積される時間累積部と、前記初期状態を状態格納部に格納し、前記事象入力シーケンスから時間の早い順に取り込まれる事象及び前記状態格納部に格納されている状態に基づいて、前記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定し、決定したセルに対応した時間情報を前記時間情報記憶部から

読み出して前記時間累積部に累積し、前記決定したセルに記述された遷移先の状態を前記状態遷移表記憶部から読み出して前記状態格納部に格納する状態遷移判定部とからなることを特徴とする請求項1記載のプログラム開発装置。

【請求項4】 操作部の操作により入力された前記初期状態及び前記複数の事象並びに、これらに基づいて前記シミュレータにおいて実行されたシミュレーションの実行の履歴から前記試験スクリプト・ファイルを作成する試験スクリプト・ファイル作成部を有することを特徴とする請求項3記載のプログラム開発装置。

【請求項5】 前記シミュレータは、前記事象の発生時刻から前記時間累積部に現在記憶されている累積時間を減算し、減算結果が正である場合には、前記減算結果を、前記システムを構成する制御部の周辺機器への処理命令に関する処理時間と前記処理命令に基づいて処理を行う周辺機器の処理時間との差である差分時間として前記時間累積部に現在記憶されている累積時間に加算する時間比較部を有することを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項6】 前記状態遷移表記憶部には、前記システムを構成する制御部の動作に関する状態遷移表と、前記制御部により制御される周辺機器の動作に関する状態遷移表とが記憶され、

前記時間情報記憶部には、前記制御部の動作に関する時間情報と、前記周辺機器の動作に関する時間情報とが記憶され、

前記シミュレータは、前記制御部の動作に関して時間情報を累積する第1のシミュレータと、前記第1のシミュレータとは独立に、前記周辺機器の動作に関して時間情報を累積する第2のシミュレータとからなることを特徴とする請求項1乃至5のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項7】 前記状態遷移表に基づいて前記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するジェネレータと、前記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するコンパイラと、前記システムを構成する制御部の動作速度と、前記状態遷移表の各セルに記述されている処理やその前後の遷移に対応した前記オブジェクト・プログラムを構成する機械語のコード数とを乗算して各セルに対応した時間情報を算出する第1の算出部とを備えたことを特徴とする請求項1乃至6のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項8】 前記状態遷移表に基づいて前記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するジェネレータと、前記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するコンパイラと、前記オブジェクト・プログラムを実行して前記システムの実際の動作とほぼ同等の処理

が実行可能なインサーキット・エミュレータ又はコード・シミュレータと、前記インサーキット・エミュレータ又はコード・シミュレータによる前記オブジェクト・プログラムの実行により得られた実行時間に基づいて、前記状態遷移表の各セルに対応した時間情報を算出する第2の算出部とを備えたことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項9】 前記時間情報記憶部は、前記状態遷移表の各セルに対応して操作部の操作により入力された時間情報が記憶される第1の時間情報記憶部、前記状態遷移表の各セルに対応して前記第1の算出部により算出された時間情報が記憶される第2の時間情報記憶部、前記状態遷移表の各セルに対応して前記第2の算出部により算出された時間情報が記憶される第3の時間情報記憶部のうち、少なくとも2つからなり、前記第1乃至第3の時間情報記憶部の少なくとも2つに記憶されている時間情報に基づいて前記シミュレータがシミュレーション時に対応する時間情報を累積した累積結果を比較する比較部を有することを特徴とする請求項8記載のプログラム開発装置。

【請求項10】 前記時間情報記憶部又は前記第1の時間情報記憶部には、前記状態遷移表の各セルに対応して、前記システムの仕様上の許容範囲に応じた幅のある値又は変数として時間情報が記憶されており、前記シミュレータは、前記時間情報記憶部又は前記第1の時間情報記憶部から特定したセルに対応した時間情報を読み出す際に、前記幅のある値のうち、最大値、最小値、平均値、あるいはランダムに選択した値を読み出したり、前記変数に応じて累積すべき時間情報を変更することを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項11】 前記試験スクリプト・ファイルは、タイミング・チャート形式、テキスト形式、あるいはメッセージ・シーケンス・チャート形式であることを特徴とする請求項3乃至10のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項12】 前記時間情報は、対応したセルに記述された処理を実行するのに要する処理時間であることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1に記載のプログラム開発装置。

【請求項13】 前記時間情報は、前記処理時間と、ある状態又はある処理から他の状態又は他の処理への遷移に要するオーバーヘッド時間とからなることを特徴とする請求項12記載のプログラム開発装置。

【請求項14】 前記オーバーヘッド時間は、一律である、各セル毎に異なる、あるいは各遷移毎に異なることを特徴とする請求項13記載のプログラム開発装置。

【請求項15】 プログラム開発の対象であるシステムの取り得る状態と、前記システムの外部又は内部からの刺激である事象とで特定される複数のセルを有し、各セ

ルに、対応する状態下で対応する事象が発生した際に前記システムが実行すべき処理の内容や遷移すべき遷移先の状態を記述した状態遷移表が記憶される状態遷移表記憶部と、前記状態遷移表の各セルに対応した時間情報が記憶される時間情報記憶部とを備え、

順次入力される事象と、初期状態として入力された状態又は各セルに記述された遷移先の状態とで順次特定されるセルに対応した時間情報を累積することにより、前記システムの動作をシミュレーションした際の処理時間を求めることを特徴とするプログラム開発方法。

【請求項16】 表示部に表示された前記状態遷移表を構成する複数の事象又は複数の状態のそれぞれの表示位置のいずれかが指示されたことを検出して、その表示位置に関する位置情報を入力する入力部を備え、

前記入力部により入力された位置情報を当該表示位置に対応した事象コード又は状態コードに変換するステップと、

前記状態コードに対応した状態を状態格納部に前記初期状態として格納するステップと、

前記事象コードに対応した事象及び前記状態格納部に格納されている状態に基づいて、前記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定するステップと、

前記決定されたセルに対応した時間情報を前記時間情報記憶部から読み出して時間累積部に累積するステップと、

前記決定されたセルに記述された遷移先の状態を前記状態遷移表記憶部から読み出して前記状態格納部に格納するステップとからなることを特徴とする請求項15記載のプログラム開発方法。

【請求項17】 前記初期状態と、前記状態遷移表に記述された各事象の発生タイミングや前記システムの構成要素が仕様上動作すべきタイミングとを記述した試験スクリプト・ファイルを入力する事象入力部を備え、

前記事象入力部により入力された試験スクリプト・ファイルの複数の事象を発生する時間順に並べ替えた事象入力シーケンスを作成するステップと、

前記初期状態を状態格納部に格納するステップと、

前記事象入力シーケンスから時間の早い順に取り込まれる事象及び前記状態格納部に格納されている状態に基づいて、前記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定するステップと、

前記決定されたセルに対応した時間情報を前記時間情報記憶部から読み出して時間累積部に累積するステップと、

前記決定されたセルに記述された遷移先の状態を前記状態遷移表記憶部から読み出して前記状態格納部に格納するステップとからなることを特徴とする請求項15記載のプログラム開発方法。

【請求項18】 操作部の操作により入力された前記初

期状態及び前記複数の事象並びに、これらに基づいて前記システムの動作をシミュレーションした際の実行の履歴から前記試験スクリプト・ファイルを作成するステップを有することを特徴とする請求項17記載のプログラム開発方法。

【請求項19】 前記事象の発生時刻から前記時間累積部に現在記憶されている累積時間を減算し、減算結果が正である場合には、前記減算結果を、前記システムを構成する制御部の周辺機器への処理命令に関する処理時間と前記処理命令に基づいて処理を行う周辺機器の処理時間との差である差分時間として前記時間累積部に現在記憶されている累積時間に加算するステップを有することを特徴とする請求項15乃至18のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項20】 前記状態遷移表記憶部には、前記システムを構成する制御部の動作に関する状態遷移表と、前記制御部により制御される周辺機器の動作に関する状態遷移表とが記憶され、前記時間情報記憶部には、前記制御部の動作に関する時間情報と、前記周辺機器の動作に関する時間情報とが記憶され、前記制御部の動作に関して時間情報を累積するステップと、前記ステップとは独立に、前記周辺機器の動作に関して時間情報を累積するステップとを有することを特徴とする請求項15乃至19のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項21】 前記状態遷移表に基づいて前記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するステップと、前記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するステップと、前記システムを構成する制御部の動作速度と、前記状態遷移表の各セルに記述されている処理やその前後の遷移に対応した前記オブジェクト・プログラムを構成する機械語のコード数とを乗算して各セルに対応した時間情報を算出するステップとを有することを特徴とする請求項15乃至20のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項22】 前記状態遷移表に基づいて前記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するステップと、前記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するステップと、前記オブジェクト・プログラムを実行するステップと、前記オブジェクト・プログラムの実行により得られた実行時間に基づいて、前記状態遷移表の各セルに対応した時間情報を算出するステップとを有することを特徴とする請求項15乃至21のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項23】 前記時間情報記憶部は、前記状態遷移

表の各セルに対応して操作部の操作により入力された時間情報が記憶される第1の時間情報記憶部、前記状態遷移表の各セルに対応して請求項21記載の時間情報を算出するステップにより算出された時間情報が記憶される第2の時間情報記憶部、前記状態遷移表の各セルに対応して請求項22記載の時間情報を算出するステップにより算出された時間情報が記憶される第3の時間情報記憶部のうち、少なくとも2つからなり、前記第1乃至第3の時間情報記憶部の少なくとも2つに記憶されている時間情報に基づいてシミュレーション時に対応する時間情報を累積した累積結果を比較するステップを有することを特徴とする請求項22記載のプログラム開発方法。

【請求項24】 前記時間情報記憶部又は前記第1の時間情報記憶部には、前記状態遷移表の各セルに対応して、前記システムの仕様上の許容範囲に応じた幅のある値又は変数として時間情報が記憶されており、前記時間情報記憶部又は前記第1の時間情報記憶部から特定したセルに対応した時間情報を読み出す際に、前記幅のある値のうち、最大値、最小値、平均値、あるいはランダムに選択した値を読み出したたり、前記変数に応じて累積すべき時間情報を変更するステップを有することを特徴とする請求項15乃至23のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項25】 前記試験スクリプト・ファイルは、タイミング・チャート形式、テキスト形式、あるいはメッセージ・シーケンス・チャート形式であることを特徴とする請求項17乃至24のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項26】 前記時間情報は、対応したセルに記述された処理を実行するのに要する処理時間であることを特徴とする請求項15乃至25のいずれか1に記載のプログラム開発方法。

【請求項27】 前記時間情報は、前記処理時間と、ある状態又はある処理から他の状態又は他の処理への遷移に要するオーバーヘッド時間とからなることを特徴とする請求項26記載のプログラム開発方法。

【請求項28】 前記オーバーヘッド時間は、一律である、各セル毎に異なる、あるいは各遷移毎に異なることを特徴とする請求項27記載のプログラム開発方法。

【請求項29】 コンピュータに請求項1乃至28のいずれか1つに記載の機能を実現させるためのプログラム開発プログラムを記憶した記憶媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、プログラム開発装置、プログラム開発方法及びプログラム開発プログラムを記憶した記憶媒体に関し、詳しくは、ファクシミリ、複写機等の各種電子機器や、電力施設等の各種施設の監視・制御システムなど、リアルタイムで制御すべき

リアルタイム制御システムに組み込むプログラムの開発に適用して好適なプログラム開発装置、プログラム開発方法及びプログラム開発プログラムを記憶した記憶媒体に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】リアルタイム制御システムは、各種信号の受信などシステム外部又は内部からの刺激である事象(event)と、各種信号の受信待機などシステムがとっている挙動である状態(state)とが複雑に組み合わせられ、しかもこれらの組み合わせに対応した処理、すなわち、特定状態下で特定事象が発生した際にシステムが実行する処理であるアクション(action)も多数ある。このようなリアルタイム制御システムに組み込むべきプログラムを開発する手法の1つとして、状態遷移表(State Transition Matrix)を用いたプログラム開発方法がある。状態遷移表とは、列又は行に事象(event)又は状態(state)をそれぞれ配置した2次元のマトリクスで表し、事象と状態との交差する部分(セル)に対応するアクションとそのアクション後に遷移する遷移先を配置したものである。このプログラム開発方法によれば、リアルタイム制御システムが大規模化・複雑化している現在でも、その基本設計が経験者でなくても行うことができると共に、省力化、開発期間の短縮化が実現できる。

【0003】図22は、特開平9-325952号公報に開示された、従来のプログラム開発装置の電氣的構成例を示すブロック図である。この例のプログラム開発装置は、階層化された状態遷移表を用いて、各状態に滞在している処理時間及び当該状態に滞在している間に継続的に実行する処理であるアクティビティ(activity)を含むシステムの動作を定義した抽象機械定義を入力するための定義表入力部1と、入力された抽象機械定義を抽象機械定義表として記憶する記憶部2と、記憶部2から呼び出された抽象機械定義表から状態の階層構造を抽出する状態階層抽出部3と、抽象機械定義表中の各状態についてその下位状態に対して付与された処理予想時間を計算し、その結果が現在注目している状態の処理予想時間を越えないかどうかを判定する処理予想時間算出部4と、算出された結果から下位状態の処理時間の合計が上位状態の処理時間を越えた場合にその旨を警告する警告表示部5とから概略構成されている。このような構成によれば、実際のシステムを動作させる前に、断片的な処理時間情報の組み合わせからシステムの動作が滞りなく実行されているか否かを確認することが可能となる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記した従来のプログラム開発装置においては、処理予想時間算出部4が抽象機械定義表中の各状態について、その下位状態に対して付与された処理予想時間を計算し、下位状態の処理時間の合計が現在注目している上位状態の処理時

間を越えた場合には、警告表示部5がその旨を警告している。しかし、この処理時間はあくまでもリアルタイム制御システムの仕様に基づいた理想的な時間であって、現実には発生する多様な事象が考慮されていないことが多い。

【0005】したがって、このような抽象機械定義表に基づいてプログラムを開発し、システムに組み込んだ場合、システムが仕様通りに作動しないなどの不具合が発生すると、基本設計の段階まで後戻りして修正しなければならないという欠点があった。これにより、開発期間が長期化してしまう。また、通常は、システムの開発期間が限られているが、そのような場合、開発期間の最終段階で上記のような不具合が発生した場合には、基本設計の段階まで後戻りして修正することはできないので、その場しのぎの修正とならざるを得ず、システムの品質が悪くなってしまうという欠点があった。

【0006】この発明は、上述の事情に鑑みてなされたもので、リアルタイム制御システムに組み込むプログラムの開発期間の短縮化及びシステムの品質向上を実現することができるプログラム開発装置、プログラム開発方法及びプログラム開発プログラムを記憶した記憶媒体を提供することを目的としている。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1記載の発明に係るプログラム開発装置は、プログラム開発の対象であるシステムの取り得る状態と、上記システムの外部又は内部からの刺激である事象とで特定される複数のセルを有し、各セルに、対応する状態下で対応する事象が発生した際に上記システムが実行すべき処理の内容や遷移すべき遷移先の状態を記述した状態遷移表が記憶される状態遷移表記憶部と、上記状態遷移表の各セルに対応した時間情報が記憶される時間情報記憶部と、順次入力される事象と、初期状態として入力された状態又は各セルに記述された遷移先の状態とで順次特定されるセルに対応した時間情報を累積することにより、上記システムの動作をシミュレーションした際の処理時間を求めるシミュレータとを備えてなることを特徴としている。

【0008】請求項2記載の発明は、請求項1記載のプログラム開発装置に係り、表示部に表示された上記状態遷移表を構成する複数の事象又は複数の状態のそれぞれの表示位置のいずれかが指示されたことを検出して、その表示位置に関する位置情報を上記シミュレータに入力する入力部を備え、上記シミュレータは、上記入力部により入力された位置情報を当該表示位置に対応した事象コード又は状態コードに変換する解析部と、上記状態コードに対応した状態又は各セルに記述された遷移先の状態が格納される状態格納部と、上記時間情報が累積される時間累積部と、上記状態コードに対応した状態を上記状態格納部に上記初期状態として格納し、上記事象コー

ドに対応した事象及び上記状態格納部に格納されている状態に基づいて、上記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定し、決定したセルに対応した時間情報を上記時間情報記憶部から読み出して上記時間累積部に累積し、上記決定したセルに記述された遷移先の状態を上記状態遷移表記憶部から読み出して上記状態格納部に格納する状態遷移判定部とからなることを特徴としている。

【0009】請求項3記載の発明は、請求項1記載のプログラム開発装置に係り、上記初期状態と、上記状態遷移表に記述された各事象の発生タイミングや上記システムの構成要素が仕様上動作すべきタイミングとを記述した試験スクリプト・ファイルを上記シミュレータに入力する事象入力部を備え、上記シミュレータは、上記事象入力部により入力された試験スクリプト・ファイルの複数の事象を発生する時間順に並べ替えた事象入力シーケンスを作成する事象解析部と、上記初期状態又は各セルに記述された遷移先の状態が格納される状態格納部と、上記時間情報が累積される時間累積部と、上記初期状態を状態格納部に格納し、上記事象入力シーケンスから時間の早い順に取り込まれる事象及び上記状態格納部に格納されている状態に基づいて、上記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定し、決定したセルに対応した時間情報を上記時間情報記憶部から読み出して上記時間累積部に累積し、上記決定したセルに記述された遷移先の状態を上記状態遷移表記憶部から読み出して上記状態格納部に格納する状態遷移判定部とからなることを特徴としている。

【0010】請求項4記載の発明は、請求項3記載のプログラム開発装置に係り、操作部の操作により入力された上記初期状態及び上記複数の事象並びに、これらに基づいて上記シミュレータにおいて実行されたシミュレーションの実行の履歴から上記試験スクリプト・ファイルを作成する試験スクリプト・ファイル作成部を有することを特徴としている。

【0011】請求項5記載の発明は、請求項1乃至4のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記シミュレータは、上記事象の発生時刻から上記時間累積部に現在記憶されている累積時間を減算し、減算結果が正である場合には、上記減算結果を、上記システムを構成する制御部の周辺機器への処理命令に関する処理時間と上記処理命令に基づいて処理を行う周辺機器の処理時間との差である差分時間として上記時間累積部に現在記憶されている累積時間に加算する時間比較部を有することを特徴としている。

【0012】請求項6記載の発明は、請求項1乃至5のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記状態遷移表記憶部には、上記システムを構成する制御部の動作に関する状態遷移表と、上記制御部により制御される周辺機器の動作に関する状態遷移表とが記憶され、上

記時間情報記憶部には、上記制御部の動作に関する時間情報と、上記周辺機器の動作に関する時間情報とが記憶され、上記シミュレータは、上記制御部の動作に関して時間情報を累積する第1のシミュレータと、上記第1のシミュレータとは独立に、上記周辺機器の動作に関して時間情報を累積する第2のシミュレータとからなることを特徴としている。

【0013】請求項7記載の発明は、請求項1乃至6のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記状態遷移表に基づいて上記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するジェネレータと、上記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するコンパイラと、上記システムを構成する制御部の動作速度と、上記状態遷移表の各セルに記述されている処理やその前後の遷移に対応した上記オブジェクト・プログラムを構成する機械語のコード数とを乗算して各セルに対応した時間情報を算出する第1の算出部とを備えたことを特徴としている。

【0014】請求項8記載の発明は、請求項1乃至7のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記状態遷移表に基づいて上記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するジェネレータと、上記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するコンパイラと、上記オブジェクト・プログラムを実行して上記システムの実際の動作とほぼ同等の処理が実行可能なインサートキット・エミュレータ又はコード・シミュレータと、上記インサートキット・エミュレータ又はコード・シミュレータによる上記オブジェクト・プログラムの実行により得られた実行時間に基づいて、上記状態遷移表の各セルに対応した時間情報を算出する第2の算出部とを備えたことを特徴としている。

【0015】請求項9記載の発明は、請求項8記載のプログラム開発装置に係り、上記時間情報記憶部は、上記状態遷移表の各セルに対応して操作部の操作により入力された時間情報が記憶される第1の時間情報記憶部、上記状態遷移表の各セルに対応して上記第1の算出部により算出された時間情報が記憶される第2の時間情報記憶部、上記状態遷移表の各セルに対応して上記第2の算出部により算出された時間情報が記憶される第3の時間情報記憶部のうち、少なくとも2つからなり、上記第1乃至第3の時間情報記憶部の少なくとも2つに記憶されている時間情報に基づいて上記シミュレータがシミュレーション時に対応する時間情報を累積した累積結果を比較する比較部を有することを特徴としている。

【0016】請求項10記載の発明は、請求項1乃至9のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記時間情報記憶部又は上記第1の時間情報記憶部には、上記状態遷移表の各セルに対応して、上記システムの仕様



上の許容範囲に応じた幅のある値又は変数として時間情報が記憶されており、上記シミュレータは、上記時間情報記憶部又は上記第1の時間情報記憶部から特定したセルに対応した時間情報を読み出す際に、上記幅のある値のうち、最大値、最小値、平均値、あるいはランダムに選択した値を読み出したり、上記変数に応じて累積すべき時間情報を変更することを特徴としている。

【0017】請求項11記載の発明は、請求項3乃至10のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記試験スクリプト・ファイルは、タイミング・チャート形式、テキスト形式、あるいはメッセージ・シーケンス・チャート形式であることを特徴としている。

【0018】請求項12記載の発明は、請求項1乃至11のいずれか1に記載のプログラム開発装置に係り、上記時間情報は、対応したセルに記述された処理を実行するのに要する処理時間であることを特徴としている。

【0019】請求項13記載の発明は、請求項12記載のプログラム開発装置に係り、上記時間情報は、上記処理時間と、ある状態又はある処理から他の状態又は他の処理への遷移に要するオーバーヘッド時間とからなることを特徴としている。

【0020】請求項14記載の発明は、請求項13記載のプログラム開発装置に係り、上記オーバーヘッド時間は、一律である、各セル毎に異なる、あるいは各遷移毎に異なることを特徴としている。

【0021】請求項15記載の発明に係るプログラム開発方法は、プログラム開発の対象であるシステムの取り得る状態と、上記システムの外部又は内部からの刺激である事象とで特定される複数のセルを有し、各セルに、対応する状態下で対応する事象が発生した際に上記システムが実行すべき処理の内容や遷移すべき遷移先の状態を記述した状態遷移表が記憶される状態遷移表記憶部と、上記状態遷移表の各セルに対応した時間情報が記憶される時間情報記憶部とを備え、順次入力される事象と、初期状態として入力された状態又は各セルに記述された遷移先の状態とで順次特定されるセルに対応した時間情報を累積することにより、上記システムの動作をシミュレーションした際の処理時間を求めることを特徴としている。

【0022】請求項16記載の発明は、請求項15記載のプログラム開発方法に係り、表示部に表示された上記状態遷移表を構成する複数の事象又は複数の状態のそれぞれの表示位置のいずれかが指示されたことを検出して、その表示位置に関する位置情報を入力する入力部を備え、上記入力部により入力された位置情報を当該表示位置に対応した事象コード又は状態コードに変換するステップと、上記状態コードに対応した状態を状態格納部に上記初期状態として格納するステップと、上記事象コードに対応した事象及び上記状態格納部に格納されている状態に基づいて、上記状態遷移表記憶部から読み出さ

れた状態遷移表を参照して対応するセルを決定するステップと、上記決定されたセルに対応した時間情報を上記時間情報記憶部から読み出して時間累積部に累積するステップと、上記決定されたセルに記述された遷移先の状態を上記状態遷移表記憶部から読み出して上記状態格納部に格納するステップとからなることを特徴としている。

【0023】請求項17記載の発明は、請求項15記載のプログラム開発方法に係り、上記初期状態と、上記状態遷移表に記述された各事象の発生タイミングや上記システムの構成要素が仕様上動作すべきタイミングとを記述した試験スクリプト・ファイルを入力する事象入力部を備え、上記事象入力部により入力された試験スクリプト・ファイルの複数の事象を発生する時間順に並べ替えた事象入力シーケンスを作成するステップと、上記初期状態を状態格納部に格納するステップと、上記事象入力シーケンスから時間の早い順に取り込まれる事象及び上記状態格納部に格納されている状態に基づいて、上記状態遷移表記憶部から読み出された状態遷移表を参照して対応するセルを決定するステップと、上記決定されたセルに対応した時間情報を上記時間情報記憶部から読み出して時間累積部に累積するステップと、上記決定されたセルに記述された遷移先の状態を上記状態遷移表記憶部から読み出して上記状態格納部に格納するステップとからなることを特徴としている。

【0024】請求項18記載の発明は、請求項17記載のプログラム開発方法に係り、操作部の操作により入力された上記初期状態及び上記複数の事象並びに、これらに基づいて上記システムの動作をシミュレーションした際の実行の履歴から上記試験スクリプト・ファイルを作成するステップを有することを特徴としている。

【0025】請求項19記載の発明は、請求項15乃至18のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記事象の発生時刻から上記時間累積部に現在記憶されている累積時間を減算し、減算結果が正である場合には、上記減算結果を、上記システムを構成する制御部の周辺機器への処理命令に関する処理時間と上記処理命令に基づいて処理を行う周辺機器の処理時間との差である差分時間として上記時間累積部に現在記憶されている累積時間に加算するステップを有することを特徴としている。

【0026】請求項20記載の発明は、請求項15乃至19のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記状態遷移表記憶部には、上記システムを構成する制御部の動作に関する状態遷移表と、上記制御部により制御される周辺機器の動作に関する状態遷移表とが記憶され、上記時間情報記憶部には、上記制御部の動作に関する時間情報と、上記周辺機器の動作に関する時間情報とが記憶され、上記制御部の動作に関して時間情報を累積するステップと、上記ステップとは独立に、上記周辺機



器の動作に関して時間情報を累積するステップとを有することを特徴としている。

【0027】請求項21記載の発明は、請求項15乃至20のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記状態遷移表に基づいて上記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するステップと、上記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するステップと、上記システムを構成する制御部の動作速度と、上記状態遷移表の各セルに記述されている処理やその前後の遷移に対応した上記オブジェクト・プログラムを構成する機械語のコード数とを乗算して各セルに対応した時間情報を算出するステップとを有することを特徴としている。

【0028】請求項22記載の発明は、請求項15乃至21のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記状態遷移表に基づいて上記システムに組み込むべき、プログラミング言語で記述された原始プログラムを作成するステップと、上記原始プログラムを機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換するステップと、上記オブジェクト・プログラムを実行するステップと、上記オブジェクト・プログラムの実行により得られた実行時間に基づいて、上記状態遷移表の各セルに対応した時間情報を算出するステップとを有することを特徴としている。

【0029】請求項23記載の発明は、請求項22記載のプログラム開発方法に係り、上記時間情報記憶部は、上記状態遷移表の各セルに対応して操作部の操作により入力された時間情報が記憶される第1の時間情報記憶部、上記状態遷移表の各セルに対応して請求項21記載の時間情報を算出するステップにより算出された時間情報が記憶される第2の時間情報記憶部、上記状態遷移表の各セルに対応して請求項22記載の時間情報を算出するステップにより算出された時間情報が記憶される第3の時間情報記憶部のうち、少なくとも2つからなり、上記第1乃至第3の時間情報記憶部の少なくとも2つに記憶されている時間情報に基づいてシミュレーション時に対応する時間情報を累積した累積結果を比較するステップを有することを特徴としている。

【0030】請求項24記載の発明は、請求項15乃至23のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記時間情報記憶部又は上記第1の時間情報記憶部には、上記状態遷移表の各セルに対応して、上記システムの仕様上の許容範囲に応じた幅のある値又は変数として時間情報が記憶されており、上記時間情報記憶部又は上記第1の時間情報記憶部から特定したセルに対応した時間情報を読み出す際に、上記幅のある値のうち、最大値、最小値、平均値、あるいはランダムに選択した値を読み出したり、上記変数に応じて累積すべき時間情報を変更するステップを有することを特徴としている。

【0031】請求項25記載の発明は、請求項17乃至24のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記試験スクリプト・ファイルは、タイミング・チャート形式、テキスト形式、あるいはメッセージ・シーケンス・チャート形式であることを特徴としている。

【0032】請求項26記載の発明は、請求項15乃至25のいずれか1に記載のプログラム開発方法に係り、上記時間情報は、対応したセルに記述された処理を実行するのに要する処理時間であることを特徴としている。

【0033】請求項27記載の発明は、請求項26記載のプログラム開発方法に係り、上記時間情報は、上記処理時間と、ある状態又はある処理から他の状態又は他の処理への遷移に要するオーバーヘッド時間とからなることを特徴としている。

【0034】請求項28記載の発明は、請求項27記載のプログラム開発方法に係り、上記オーバーヘッド時間は、一律である、各セル毎に異なる、あるいは各遷移毎に異なることを特徴としている。

【0035】請求項29記載の発明に係る記憶媒体は、コンピュータに請求項1乃至28のいずれか1に記載の機能を実現させるためのプログラム開発プログラムが記憶されていることを特徴としている。

【0036】

【作用】この発明の構成によれば、リアルタイム制御システムに組み込むプログラムの開発期間の短縮化及びシステムの品質向上を実現することができる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して、この発明の実施の形態について説明する。説明は、実施例を用いて具体的にを行う。

A. 第1の実施例

図1は、この発明の第1の実施例であるプログラム開発装置の電気的構成を示すブロック図である。この例のプログラム開発装置は、同図に示すように、マンマシン・インターフェイス11と、エディタ12と、状態遷移表記憶部13と、処理時間記憶部14と、ジェネレータ15と、プログラム記憶部16と、入力部17と、シミュレータ18とから概略構成されている。

【0038】マンマシン・インターフェイス11は、表示部11a、マウス11b、キーボード11c等からなり、操作者が表示部11aの表示を参照しつつ、マウス11bやキーボード11cを操作して状態遷移表を作成するために必要なデータ（状態、事象、アクション、遷移先、処理時間等）を入力したり、シミュレータ18に状態遷移表によって設計されたリアルタイム制御システムの状態遷移表に基づく1事象毎のシミュレーションを実行させるために、表示部11aに表示された状態遷移表の事象の表示エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてクリックやリターンキーの押下をすることにより、当該事象の入力を

指示するために用いられると共に、シミュレータ18から供給されるシミュレーション結果(遷移先の状態、累積時間等)が表示部11aに表示される。ここで、処理時間とは、各セルに記述されたアクションに要する時間をいう。

【0039】エディタ12は、マンマシン・インターフェイス11を用いて入力された状態、事象、アクション、遷移先、処理時間等に基づいて、状態遷移表を作成・編集すると共に、状態遷移表に関するデータ及び処理時間をそれぞれ対応する状態遷移表記憶部13及び処理時間記憶部14に記憶する。状態遷移表記憶部13及び処理時間記憶部14は、いずれもRAM等の半導体メモリ、FD(フロッピー・ディスク)やHD(ハード・ディスク)等の大規模な記憶容量を有する記憶媒体からなり、それぞれ状態遷移表に関するデータ及び処理時間が記憶される。ジェネレータ15は、状態遷移表記憶部13から読み出された状態遷移表に関するデータに基づいて、例えば、C言語(商標名)等のプログラミング言語で記述されたリアルタイム制御システムに組み込むべきプログラム(原始プログラム)を自動生成してプログラム記憶部16に記憶する。プログラム記憶部16は、RAM等の半導体メモリ、FDやHD等の大規模な記憶容量を有する記憶媒体からなり、原始プログラムが記憶される。

【0040】入力部17は、操作者が表示部11aに表示された状態遷移表のいずれかの事象や状態等の表示エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をすることにより、クリックやリターンキーの押下がされた時のカーソルの位置を検出し、その位置情報をシミュレータ18を構成する解析部18aに供給する。すなわち、この実施例における入力部17は、事象や状態等の位置検出部として機能する。シミュレータ18は、解析部18aと、状態遷移判定部18bと、時間累積部18cと、状態格納部18dとから概略構成されている。解析部18aは、入力部17から供給された位置情報をその位置に対応する事象コードや状態コード等に変換して、状態遷移判定部18bに供給する。すなわち、この実施例における解析部18aは、位置-事象/状態等変換部として機能する。状態遷移判定部18bは、シミュレータ18内部の各構成要素を制御すると共に、解析部18aから供給された状態コードに対応した状態を状態格納部18dに初期化状態として設定し、さらに、解析部18aから供給された事象コードに対応した事象及び状態格納部18dに格納されている状態に基づいて、状態遷移表記憶部13から読み出された状態遷移表を参照して、対応するセルを決定する。また、状態遷移判定部18bは、決定したセルで処理されるアクションに対応した処理時間を処理時間記憶部14から読み出して時間累積部18cに累積する。さらに、

状態遷移判定部18bは、自身が決定したセルに記述された遷移先の状態を状態遷移表記憶部13から読み出して状態格納部18dに格納すると共に、1つのシミュレーションが終了する毎に、時間累積部18cに累積された累積時間と、状態格納部18dに格納された遷移先の状態とをマンマシン・インターフェイス11に供給する。時間累積部18c及び状態格納部18dは、いずれもRAM等の半導体メモリからなり、それぞれ累積時間及び遷移先の状態が記憶される。

【0041】次に、上記構成のプログラム開発装置の動作について説明する。まず、このプログラム開発装置で開発すべきプログラムは、図2に示すプリペイドカード発売機に組み込まれるプログラムであるとする。ここで、プリペイドカードとは、予め所定の金額で購入され、現金の代わりに商品や乗車券等を購入することができる、略名刺大のプラスチック製カードをいう。このプリペイドカード発売機は、機構部22及び操作・表示部23を制御する制御部21と、プリペイドカードを発券する機構部22と、プリペイドカード購入者が表示部の表示を参照しつつ、プリペイドカードを購入するために操作する操作・表示部23とから概略構成されている。制御部21は、CPU(中央処理装置)24と、上記プログラムが記憶されたROM25と、CPU24がプログラム実行のための使用するRAM26と、機構部22及び操作・表示部23を構成する各構成要素から供給される検出信号や割込信号等をCPU24に供給するための入力ポート27と、CPU24が機構部22を構成するモータ35及び37等へ制御信号を供給するための出力ポート28とから概略構成されている。

【0042】機構部22は、スタッカ29と、カード取出機構30と、カード搬送機構31と、センサ32及び33と、磁気データ書き込み用の磁気ヘッド34a及び磁気データ読み込み用の磁気ヘッド34bとから概略構成されており、概略的には、以下に示す動作を行うものとする。まず、購入者が、操作・表示部23の図示せぬ現金投入口から現金を投入すると共に、図示せぬカード種類指定ボタン及びカード発券指示ボタンを押下すると、ローラやベルトと共にカード取出機構30を構成するモータ35が駆動され、帯状の磁気ストライプに何等の磁気データが書き込まれていないプリペイドカード(これを生カードという)36が複数枚格納されたスタッカ29から1枚の生カード36が取り出され、図2中右下方向に搬送される。次に、フォトカプラ等からなるセンサ32によって生カード36が検出されると、モータ35が停止されると共に、ローラやベルトと共にカード搬送機構31を構成するモータ37が駆動されて生カード36が搬送路上を図2中右方向に搬送され、搬送路上部に設置された磁気ヘッド34aによって生カード36の磁気ストライプに購入金額や発券日等からなる磁気データが書き込まれる。そして、今書き込まれた磁気デ

ータが正しいか否かを確認するために、磁気データが書き込まれたばかりのプリペイドカードが搬送路上を図2中右方向に搬送され、搬送路上部に設置された磁気ヘッド34bがプリペイドカードから磁気データを読み込んでそれが正しいと判断された場合には、当該プリペイドカードが搬送路上を図2中右方向にさらに搬送されてフォトカプラ等からなるセンサ33によって検出された後、図示せぬ発券口から排出されると共に、モータ37が停止される。以上説明した機構部22の動作は、CPU24がROM25に記憶されたプログラムに基づいて、入力ポート27及び出力ポート28を介して制御する。このような動作を行うプリペイドカード発売機の仕様として、1枚のプリペイドカードを発券するのに15msかかり、カード取出機構30での処理時間が5msであり、カード搬送機構31での処理時間が10msであるとする。また、プリペイドカードは1度に1枚ずつ発券するものとする。

【0043】操作者は、マンマシン・インターフェイス11を構成する表示部11aの表示を参照しつつ、マウス11bやキーボード11cを操作して、上記プリペイドカード発売機の動作及び仕様に基づいて、図3に示す状態遷移表を作成するために必要なデータ(状態、事象、アクション、遷移先、処理時間等)を入力する。これにより、エディタ12が図3に示す状態遷移表を作成してマンマシン・インターフェイス11を構成する表示部11aに表示すると共に、状態遷移表記憶部13及び処理時間記憶部14のそれぞれの所定の記憶エリアに状態遷移表に関するデータ及び処理時間を記憶する。図3において、モータA及びモータBはそれぞれ図2に示すモータ35及び37を表し、符号S1及びS2は図2に示すセンサ32及び33を表している。図3の最上段の行において、「モータA」はモータ35が停止しており、プリペイドカード発券の指示待ちの状態又はモータ35が駆動中の状態(以下、<状態1>という)を表し、「モータB：書き込み中」はモータ37が駆動中であつ生カード36に磁気ヘッド34aにより磁気データを書き込んでいる状態(以下、<状態2>という)を表し、「モータB：読み込み中」はモータ37が駆動中であつ磁気ヘッド34bによりプリペイドカードの磁気データを読み込んでいる状態(以下、<状態3>という)を表し、「モータB：S2待ち」はモータ37が駆動中であつプリペイドカードが発券口から排出されることにより、センサ33から検出信号が供給されるのを待機している状態(以下、<状態4>という)を表している。なお、「モータB」は、<状態2>～<状態4>の上位の状態であることを示している。

【0044】また、図3の最左列において、「カード発券要求」はプリペイドカードの購入者の現金投入や所定ボタンの押下によりプリペイドカードの発券の要求があったこと(以下、<事象1>という)を表し、「S1：

OFF→ON」は生カード36がセンサ32を通過することによりセンサ32の検出信号がOFFからONに変化したこと(以下、<事象2>という)を表し、「書き込み：OK」は磁気ヘッド34aによって生カード36の磁気ストライプへの購入金額や発券日等からなる磁気データの書き込みが正常に終了したことを示す通知が供給されたこと(以下、<事象3>という)を表し、「書き込み：NG」は磁気ヘッド34aによって生カード36への磁気データの書き込みが異常に終了したことを示す通知が供給されたこと(以下、<事象4>という)を表し、「読み込み：OK」は磁気ヘッド34bによってプリペイドカードからの磁気データの読み込みが正常に終了したことを示す通知が供給されたこと(以下、<事象5>という)を表し、「読み込み：NG」は磁気ヘッド34bによってプリペイドカードからの磁気データの読み込みが異常に終了したことを示す通知が供給されたこと(以下、<事象6>という)を表し、「S2：OFF→ON」はプリペイドカードがセンサ33を通過して発券口に到達することによりセンサ33の検出信号がOFFからONに変化したこと(以下、<事象7>という)を表している。これらのうち、<事象1>は、メッセージ型事象と呼ばれ、他のタスクや装置などからの起動メッセージを受け取ることを意味し、<事象2>及び<事象7>は、フラグ型事象と呼ばれ、変数や入出力の変化を読み取ることを意味する。また、<事象3>～<事象6>は、割り込み型事象と呼ばれ、外部からの割り込みを受け取ることを意味する。

【0045】次に、図3に示す状態遷移表において、事象と状態とが交差する部分(セル)、例えば、<状態1>と<事象2>とが交差するセルをセル(1, 2)と表すとすると、各セルの記述内容は、以下に示す意味を表している。まず、セル(1, 1)において、「モータA：ON」は、プリペイドカード発券の指示待ちという<状態1>で、プリペイドカードの購入者の現金投入や所定ボタンの押下に基づくプリペイドカードの発券要求という<事象1>の発生に応じて、生カード36をスタック29から取り出すために、モータ35を駆動するアクションを表し、「(0.5)」は上記アクションの処理時間が0.5msであることを表している。なお、遷移先が記述されていないのは、今の状態、すなわち、<状態1>に留まることを表している。セル(1, 2)において、「モータA：OFF、モータB：ON、書き込み」は、モータ35が駆動中という<状態1>で、生カード36がセンサ32を通過することによりセンサ32の検出信号がOFFからONに変化したという<事象2>の発生に応じて、生カード36の搬送をカード取出機構30による搬送からカード搬送機構31による搬送に切り換えると共に、生カード36に磁気データを書き込むために、モータ35の駆動を停止させる一方、モータ37を駆動させると共に、磁気ヘッド34aに所定の磁

気データの書き込みを要求するアクションを表している。また、セル(1, 2)において、「=>書き込み中」は、遷移先が<状態2>であることを表し、

「(4)」は、上記一連のアクションの合計の処理時間が4msであることを表している。セル(1, 3)において、「/」は何のアクションも実行せず、状態遷移も行わないことを表している。「/」の意味は他のセルにおいても同様であるので、以下その説明を省略する。

【0046】セル(2, 1)において、「エラーメッセージ」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという<状態2>で、さらにプリペイドカードの発券要求という<事象1>が発生した場合、仕様上1度に1枚のプリペイドカードしか発券できないため、プリペイドカード発売機を構成する操作・表示部23の表示器にその旨のメッセージを表示するアクションを表している。また、セル(2, 1)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態2>に留まることを表し、「(1)」は、上記アクションの処理時間が1msであることを表している。セル(2, 3)において、「読み込み」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという<状態2>で、磁気データの書き込みが正常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34aから供給されたという<事象3>の発生に応じて、今プリペイドカードに書き込まれた磁気データが正しいか否かを確認するために、磁気データが書き込まれたばかりのプリペイドカードの磁気データの読み込みを磁気ヘッド34bに要求するアクションを表している。また、セル(2, 3)において、「=>読み込み中」は、遷移先が<状態3>であることを表し、「(1)」は、上記アクションの処理時間が1msであることを表している。セル(2, 4)において、「書き込み」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという<状態2>で、磁気データの書き込みが異常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34aから供給されたという<事象4>の発生に応じて、磁気データの書き込みに失敗したプリペイドカードへの再度の同一磁気データの書き込みを磁気ヘッド34aに対して要求するアクションを表している。また、セル(2, 4)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態2>に留まることを表し、「(3)」は、上記アクションの処理時間が3msであることを表している。

【0047】セル(2, 5)において、「エラーリセット、書き込み」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという<状態2>、すなわち、磁気ヘッド34aに磁気データの書き込みを要求している状態であるにも拘らず、プリペイドカードからの磁気データの読み込みが正常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34bから供給されたという<事象5>が発生した場合、磁気ヘッド34a及び34bにお

いて異常が発生していると判断するものとし、磁気ヘッド34a及び34bに対して初期化及び、プリペイドカードへの再度の同一磁気データの書き込みを要求するアクションを表している。また、セル(2, 5)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態2>に留まることを表し、「(4)」は、上記アクションの処理時間が4msであることを表している。セル(2, 6)において、「エラーリセット、書き込み」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという<状態2>、すなわち、磁気ヘッド34aに磁気データの書き込みを要求している状態であるにも拘らず、プリペイドカードからの磁気データの読み込みが異常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34bから供給されたという<事象5>が発生した場合、磁気ヘッド34a及び34bにおいて異常が発生していると判断するものとし、磁気ヘッド34a及び34bに対して初期化及び、プリペイドカードへの再度の同一磁気データの書き込みを要求するアクションを表している。また、セル(2, 6)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態2>に留まることを表し、「(4)」は、上記アクションの処理時間が4msであることを表している。

【0048】セル(3, 1)において、「エラーメッセージ」は、プリペイドカードの磁気データを読み込んでいるという<状態3>で、さらにプリペイドカードの発券要求という<事象1>が発生した場合、仕様上1度に1枚のプリペイドカードしか発券できないため、プリペイドカード発売機を構成する操作・表示部23の表示器にその旨のメッセージを表示するアクションを表している。また、セル(3, 1)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態3>に留まることを表し、「(1)」は、上記アクションの処理時間が1msであることを表している。セル(3, 3)において、「エラーリセット、読み込み」は、プリペイドカードの磁気データを読み込んでいるという<状態3>、すなわち、磁気ヘッド34bに磁気データの読み込みを要求している状態であるにも拘らず、プリペイドカードへの磁気データの書き込みが正常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34aから供給されたという<事象3>が発生した場合、磁気ヘッド34a及び34bにおいて異常が発生していると判断するものとし、磁気ヘッド34a及び34bに対して初期化及び、プリペイドカードからの再度の磁気データの読み込みを要求するアクションを表している。また、セル(3, 3)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態3>に留まることを表し、「(2)」は、上記アクションの処理時間が2msであることを表している。セル(3, 4)において、「エラーリセット、読み込み」は、プリペイドカードの磁気データを読み込んでいるという<状態3>、すなわち、磁気ヘッド34bに磁気データの読み込みを要求している

状態であるにも拘らず、プリペイドカードへの磁気データの書き込みが異常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34aから供給されたという<事象4>が発生した場合、磁気ヘッド34a及び34bにおいて異常が発生していると判断するものとし、磁気ヘッド34a及び34bに対して初期化及び、プリペイドカードからの再度の磁気データの読み込みを要求するアクションを表している。また、セル(3, 4)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態3>に留まることを表し、「(2)」は、上記アクションの処理時間が2msであることを表している。

【0049】セル(3, 5)においては、アクション及び処理時間については何等記述されていない。これは、プリペイドカードの磁気データを読み込んでいるという<状態3>で、プリペイドカードからの磁気データの読み込みが正常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34bから供給されたという<事象5>が発生した場合には、発券すべきプリペイドカードに正しく磁気データが書き込まれたと判断できるため、このセルにおいて特に実行すべきアクションがなく、処理時間も特に考慮する必要がないからである。また、セル(3, 5)において、「=>S2待ち」は、遷移先が<状態4>であることを表している。セル(3, 6)において、「読み込み」は、プリペイドカードの磁気データを読み込んでいるという<状態3>で、磁気データの読み込みが異常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34bから供給されたという<事象6>の発生に応じて、磁気データの読み込みに失敗したプリペイドカードからの再度の磁気データの読み込みを磁気ヘッド34bに対して要求するアクションを表している。また、セル(3, 6)において、「=>-」は、今の状態、すなわち、<状態3>に留まることを表し、「(1)」は、上記アクションの処理時間が1msであることを表している。セル(4, 7)において、「モータB: OFF」は、モータ37を駆動中にセンサ33から検出信号が供給されるのを待機しているという<状態4>で、プリペイドカードがセンサ33を通過して発券口に到達することによりセンサ33の検出信号がOFFからONに変化したという<事象7>の発生に応じて、次のプリペイドカードの発券要求に備えるために、モータ37の駆動を停止するアクションを表し、「=>モータA」は、遷移先が<状態1>であることを表し、「(0.5)」は上記アクションの処理時間が0.5msであることを表している。

【0050】次に、操作者が、上記プリペイドカード発売機の仕様に基いて、上記状態遷移表に基づく1事象毎のシミュレーションをシミュレータ18に実行させるために、マンマシン・インターフェイス11を構成するマウス11bやキーボード11cを操作して、このプログラム開発装置をシミュレーション・モードにすると、表示部11aに図4に示すシミュレーション・モード画

面が表示される。以下、生カード36がセンサ32を通過した後、センサ33を通過するまでのCPU24の処理時間を求める場合の入力部17及びシミュレータ18の動作並びに操作者の操作について、図5に示すフローチャートを参照して説明する。まず、操作者は、図4に示すシミュレーション・モード画面右上部に表示された、シミュレーションの開始を指示する「開始」エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をすることにより、シミュレータ18にシミュレーションの開始を指示する。これにより、状態遷移判定部18bは、ステップSA1の処理へ進み、時間累積部18cの記憶内容を0msにクリアした後、ステップSA2へ進む。

【0051】次に、操作者は、図4に示すシミュレーション・モード画面左側に表示された状態遷移表の複数の状態のうち、これから開始するシミュレーションの初期の状態として選択した状態(今の場合、モータ35が駆動中という<状態1>、図4では、「モータA」)の表示エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をする。これにより、入力部17が操作者が選択した状態の表示エリアにあるカーソルの位置を検出し、その位置情報を解析部18aに供給するので、解析部18aは、入力部17から供給された位置情報をその位置に対応する状態コード、今の場合、<状態1>の状態コードに変換して状態遷移判定部18bに供給する。したがって、状態遷移判定部18bは、ステップSA2において、解析部18aから供給された状態コードに対応した状態(今の場合、<状態1>)を状態格納部18dに初期化状態として設定し、表示部11aに表示させた後、ステップSA3へ進む。

【0052】次に、操作者は、図4に示すシミュレーション・モード画面左側に表示された状態遷移表の複数の事象のうち、発生を希望する事象の表示エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をする。これにより、入力部17が操作者が選択した事象のエリアにあるカーソルの位置を検出し、その位置情報を解析部18aに供給するので、解析部18aは、入力部17から供給された位置情報をその位置に対応する事象コードに変換して状態遷移判定部18bに供給する。今の場合、操作者が、生カード36がセンサ32を通過することによりセンサ32の検出信号がOFFからONに変化したという<事象2>(図4では、「S1: OFF→ON」)の表示エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をすると、入力部17が<事象2>の表示エリアにあるカーソルの位置を検出し、その位置情報を解析部18aに供

給するので、解析部18aは、入力部17から供給された位置情報をその位置に対応する<事象2>の事象コードに変換して状態遷移判定部18bに供給する。ステップSA3では、状態遷移判定部18bは、操作者が図4に示すシミュレーション・モード画面右上部に表示された、シミュレーションの終了を指示する「終了」エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をすることにより、シミュレーションの終了を指示したか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、状態遷移判定部18bは、シミュレーション処理を終了する。一方、ステップSA3の判断結果が「NO」の場合、すなわち、操作者によりシミュレーションの終了が指示されなかった場合には、状態遷移判定部18bは、ステップSA4へ進む。今の場合、状態遷移判定部18bには<事象2>の事象コードが供給されているので、ステップSA3の判断結果は「NO」となり、状態遷移判定部18bは、ステップSA4へ進む。状態遷移判定部18bは、ステップSA4では、解析部18aから供給されたコードが事象コードであるか否かを判断する。この判断結果が「NO」の場合には、ステップSA3へ戻る。一方、ステップSA4の判断結果が「YES」の場合、すなわち、解析部18aから供給されたコードが事象コードである場合には、状態遷移判定部18bは、ステップSA5へ進む。今の場合、状態遷移判定部18bには<事象2>の事象コードが供給されているので、ステップSA4の判断結果は「YES」となり、状態遷移判定部18bは、ステップSA5へ進む。

【0053】ステップSA5では、状態遷移判定部18bは、解析部18aから供給された事象コードに対応した事象及び状態格納部18dに格納されている状態に基づいて、状態遷移表記憶部13から読み出した状態遷移表を参照して、対応するセルを決定した後、ステップSA6へ進む。今の場合、解析部18aから<事象2>の事象コードが供給されていると共に、状態格納部18dには<状態1>が格納されているので、状態遷移判定部18bは、状態遷移表を参照して、セル(1, 2)を決定する。なお、もし操作者が<事象3>、すなわち、磁気データの書き込みが正常に終了したことを示す通知が磁気ヘッド34aから供給されたという事象の発生を希望した場合には、ステップSA5の処理でセル(1, 3)が決定されるが、セル(1, 3)には、何のアクションも実行せず、状態遷移も行わないことを表す「/」が記述されているので、状態遷移判定部18bは、以下に示すステップSA6～SA8の処理をせず、ステップSA3を経てステップSA4へ戻り、次の事象が入力されるまで待機する。ステップSA6では、状態遷移判定部18bは、ステップSA5の処理で決定したセルで処理されるアクションの機能をチェックすると共に、当該

アクションに対応した処理時間を処理時間記憶部14から読み出して時間累積部18cに累積した後、ステップSA7へ進む。今の場合、状態遷移判定部18bは、セル(1, 2)で処理される、モータ35の駆動を停止させる一方、モータ37を駆動させると共に、磁気ヘッド34aに所定の磁気データの書き込みを要求するアクションの機能をチェックすると共に、当該アクションに対応した処理時間(4ms)を処理時間記憶部14から読み出して時間累積部18cに記憶されている現在までの累積時間(0ms)に加算した後、時間累積部18cに記憶させる。ステップSA7では、状態遷移判定部18bは、ステップSA5の処理で決定したセルに記述された遷移先の状態を状態遷移表記憶部13から読み出して状態格納部18dに格納した後、ステップSA8へ進む。今の場合、セル(1, 2)には、遷移先が<状態2>であることを表す「=>書き込み中」が記述されているので、状態遷移表記憶部13に<状態2>が記憶されているため、状態遷移判定部18bは、<状態2>を状態遷移表記憶部13から読み出して状態格納部18dに記憶させる。ステップSA8では、状態遷移判定部18bは、時間累積部18cに累積された累積時間と、状態格納部18dに格納された遷移先の状態とをマンマシン・インターフェイス11に供給して表示部11aに表示させた後、ステップSA3へ戻る。今の場合、時間累積部18cには累積時間として「4ms」が累積され、状態格納部18dには遷移先の状態として<状態2>が記憶されているので、これらが図4に示すようにマンマシン・インターフェイス11の表示部11aに表示される。そして、状態遷移判定部18bは、ステップSA3の判断結果が「NO」となるまで、上述したステップSA4～SA8の処理を繰り返す。

【0054】操作者が次に発生を希望する事象として、「書き込み：OK」、すなわち、<事象3>を選択すると、前のシミュレーション結果の遷移先の状態が<状態2>であることから、セル(2, 3)が決定され、時間累積部18cには「1ms」が加算された累積時間「5ms」が記憶され、状態格納部18dには遷移先の状態「モータB：読み込み中」、すなわち、<状態3>が記憶される。同様に、操作者が次に発生を希望する事象として、「読み込み：OK」、すなわち、<事象5>を選択すると、前のシミュレーション結果の遷移先の状態が<状態3>であることから、セル(3, 5)が決定されるが、セル(3, 5)には処理時間が記述されていないので、時間累積部18cには前の累積時間「5ms」がそのまま維持され、状態格納部18dには遷移先の状態「S2待ち」、すなわち、<状態4>が記憶される。さらに、操作者が次に発生を希望する事象として、「S2：OFF→ON」、すなわち、<事象7>を選択すると、前のシミュレーション結果の遷移先の状態が<状態4>であることから、セル(4, 7)が決定され、時間



累積部18cには「0.5ms」が加算された累積時間「5.5ms」が記憶され、状態格納部18dには遷移先の状態「モータA」、すなわち、<状態1>が記憶される。

【0055】以上説明したシミュレータ18の動作により得られた累積時間「5.5ms」は、セル(1, 2)→セル(2, 3)→セル(3, 5)→セル(4, 7)と状態が遷移する間にCPU24が処理する処理時間である。一方、プリペイドカードがセンサ32を通過した後、センサ33を通過するまでの時間は、モータ37の回転数やトルク、あるいはプリペイドカードの移動距離など物理的な要因によって決定され、例えば、設計仕様で「 $10 \pm 1$ ms」であるとする。この結果、プリペイドカードがカード搬送機構31を通過する10msの間に、CPUの処理が完了することがわかる。また、磁気データのプリペイドカードへの書き込みと読み込みとにそれぞれ1回ずつ失敗して、再書き込みの処理と再読み込みの処理とを実行する場合をシミュレーションするためには、上述したセル(1, 2)→セル(2, 3)→セル(3, 5)→セル(4, 7)という状態の遷移に、図3から、セル(2, 4)(再書き込みというアクション)及びセル(3, 6)(再読み込みというアクション)が追加する必要があることが分かる。これにより、累積時間は「9.5ms」となる。この結果、操作者は、設計仕様の下限9msを満たさないことが分かり、CPU24のプログラムやカード搬送機構31の設計を見直すことになる。

【0056】そこで、シミュレーションが設計仕様通りに実行されなかった場合には、操作者は、マンマシン・インターフェイス11を構成する表示部11aを参照しつつ、マウス11bやキーボード11cを操作して、図3に示す状態遷移表の各セルに記述されている処理時間を仕様の許容範囲内で変更した後、再度シミュレータ18にシミュレーションを実行させて、シミュレーションが設計仕様通りに実行されるか否かを確認する。以上の説明では、操作者がマウス11bやキーボード11cにより1事象毎に事象を選択してシミュレーションを実行させる例を示したが、入力部17に選択された事象の順番(以下、入力事象ログという)を記憶する手段を設けることにより、次にシミュレーションを実行するときには、入力事象ログを利用してシミュレーションを実行させることもできる。

【0057】このように、この例の構成によれば、状態遷移表の各セルに記述されたアクション毎の処理時間を設定してそれに基づいてシステムのシミュレーションを実行することができるので、基本設計の段階で仕様に即したシミュレーションが可能となり、開発期間の短縮化及び品質向上を実現することができる。

【0058】B. 第2の実施例

次に、第2の実施例について説明する。図6はこの発明

の第2の実施例であるプログラム開発装置の電氣的構成を示すブロック図である。この例のプログラム開発装置は、マンマシン・インターフェイス41と、エディタ42と、状態遷移表記憶部43と、処理時間記憶部44と、オーバーヘッド時間記憶部45と、試験スクリプト記憶部46と、ジェネレータ47と、プログラム記憶部48と、事象入力部49と、シミュレータ50と、シミュレーション結果記憶部51とから概略構成されている。

【0059】マンマシン・インターフェイス41は、表示部41a、マウス41b、キーボード41c等からなり、操作者が表示部41aの表示を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して状態遷移表を作成するために必要なデータ(状態、事象、アクション、遷移先、処理時間等)、オーバーヘッド時間、シミュレータ50に状態遷移表によって設計されたリアルタイム制御システムの状態遷移表に基づくシミュレーションを実行させるための事象等を入力するために用いられると共に、シミュレーション結果記憶部51から読み出されるシミュレーション結果(遷移先の状態、累積時間等)が表示部41aに表示される。ここで、オーバーヘッド時間とは、ある状態又はあるアクションから他の状態又はアクションへ遷移するまでに要する時間をいう。例えば、CPUが割込要求を検出した場合、CPU内部のレジスタの内容をスタックに保存(PUSH)し、割込先のアドレスをプログラムカウンタにセットして、割込先のプログラムをフェッチするなど、各セルに記述されたアクション以外に要する時間が必要である。これがオーバーヘッド時間である。なお、このオーバーヘッド時間は、割込処理から復帰する場合にも同様に必要である。上記した第1の実施例においては、おおまかなシミュレーションであるので、このオーバーヘッド時間を考慮しなかったが、この実施例では、より実装状態に近いシミュレーションを行うために、考慮している。この実施例では、オーバーヘッド時間を一律に0.5msであるとする。

【0060】エディタ42は、マンマシン・インターフェイス41を用いて入力された状態、事象、アクション、遷移先、処理時間等に基づいて、状態遷移表を作成・編集すると共に、状態遷移表に関するデータ、処理時間及びオーバーヘッド時間をそれぞれ対応する状態遷移表記憶部43、処理時間記憶部44及びオーバーヘッド時間記憶部45に記憶する。また、エディタ42は、マンマシン・インターフェイス41を用いて入力されたシミュレーションを実行させるための事象等に基づいて、シミュレータ50にシミュレーションを実行させるための試験スクリプト・ファイルを作成・編集して試験スクリプト記憶部46に記憶する。ここで、試験スクリプト・ファイルとは、状態遷移表によって設計されたリアルタイム制御システムの状態遷移表に基づくシミュレーション



ョンをシミュレータ50に実行させるために、各事象の発生タイミングやリアルタイム制御システムの構成要素が仕様上動作すべきタイミング等を記述したタイミング・チャート形式、テキスト形式、あるいはメッセージ・シーケンス・チャート形式のファイルを用いる。この実施例では、試験スクリプト・ファイルとして、図7に示すテキスト形式の試験スクリプト・ファイルを用いる。

【0061】状態遷移表記憶部43、処理時間記憶部44、オーバーヘッド時間記憶部45及び試験スクリプト記憶部46は、いずれもRAM等の半導体メモリ、FDやHD等の大規模な記憶容量を有する記憶媒体からなり、それぞれ状態遷移表に関するデータ、処理時間、オーバーヘッド時間及び試験スクリプト・ファイルが記憶される。ジェネレータ47は、状態遷移表記憶部43から読み出された状態遷移表に関するデータに基づいて、リアルタイム制御システムに組み込むべきプログラミング言語で記述されたプログラム（原始プログラム）を自動生成してプログラム記憶部48に記憶する。プログラム記憶部48は、RAM等の半導体メモリ、FDやHD等の大規模な記憶容量を有する記憶媒体からなり、原始プログラムが記憶される。

【0062】事象入力部49は、試験スクリプト記憶部46から試験スクリプト・ファイルを読み出してシミュレータ50に供給する。シミュレータ50は、事象解析部50aと、状態遷移判定部50bと、時間累積部50cと、状態格納部50dと、時間比較部50eとから概略構成されている。事象解析部50aは、事象入力部49から供給された試験スクリプト・ファイルの複数の事象を発生する時間順に並べ替えて後述する事象入力シーケンス（図9参照）を作成して状態遷移判定部50bに供給する。状態遷移判定部50bは、シミュレータ50内部の各構成要素を制御すると共に、事象解析部50aから供給された事象入力シーケンス及び状態格納部50dに格納されている状態に基づいて、状態遷移表記憶部43から読み出された状態遷移表を参照して、対応するセルを決定する。また、状態遷移判定部50bは、決定したセルで処理されるアクションに対応した処理時間を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに累積すると共に、当該セルにおける状態から遷移先として指示された状態へ遷移するのに要するオーバーヘッド時間をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに累積する。さらに、状態遷移判定部50bは、自身が決定したセルに記述された遷移先の状態を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、シミュレーション終了後、時間累積部50cに累積された累積時間と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。時間累積部50c及び状態格納部50dは、いずれもRAM等の半導体メモリからなり、それぞれ累積時間及び遷移

先の状態が記憶される。

【0063】時間比較部50eは、事象解析部50aが作成した事象入力シーケンスのある事象の発生時刻から時間累積部50cに現在記憶されている累積時間を減算し、減算結果が正である場合には、その減算結果を差分時間として時間累積部50cに現在記憶されている累積時間に加算する。ここで、差分時間について説明する。CPUが周辺機器にある処理を行わせるためにある命令を出した場合、通常、CPUが当該命令を周辺機器に供給するのに要する時間に比べて、周辺機器が当該命令を受けて当該処理を行うのに要する時間は長い。この時間差を差分時間と呼ぶ。例えば、CPU24が、図3に示す状態遷移表のセル（1, 1）の「モータA：ON」というアクションを実行するのに要する時間は、オーバーヘッド時間を含めて1msであるのに対して、CPU24の命令に基づき、生カード36がカード取出機構30によりスタック29から取り出されてセンサ32に到達するまでには5msの時間がかかる。この5msという時間は、カード取出機構30の構造上の制約から物理的に決まるものであり、モータ35の駆動能力やカードの通過距離などを変更しない限り変わらない。このCPU24の処理時間1msとカード取出機構30の処理時間5msとの時間差が差分時間である。上記した第1の実施例においては、専らCPUの処理時間のみを考慮したシミュレーションであったが、開発の対象であるプログラムが搭載されるリアルタイム制御システムでは、CPUの処理時間のみならず、その周辺機器の動作時間をも考慮しなければ、より実装状態に近いシミュレーションを行うことができない。そこで、この実施例においては、差分時間を考慮したシミュレーションを行うのである。シミュレーション結果記憶部51は、RAM等の半導体メモリ、FDやHD等の大規模な記憶容量を有する記憶媒体からなり、累積時間及び遷移先の状態からなるシミュレーション結果が記憶される。

【0064】次に、上記構成のプログラム開発装置の動作について説明する。まず、このプログラム開発装置で開発すべきプログラムは、上記した第1の実施例と同様、図2に示すプリペイドカード発売機に組み込まれるプログラムであり、プリペイドカード発売機の仕様も第1の実施例と同様であるとする。操作者は、マンマシン・インターフェイス41を構成する表示部41aの表示を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して、上記プリペイドカード発売機の動作及び仕様に基づいて、状態遷移表を作成するために必要なデータ（状態、事象、アクション、遷移先、処理時間等）を入力する。これにより、エディタ42が状態遷移表を作成してマンマシン・インターフェイス41を構成する表示部41aに表示すると共に、状態遷移表記憶部43及び処理時間記憶部44のそれぞれの所定の記憶領域に状態遷移表及び処理時間を記憶する。なお、状態遷移表は、上記

した第1の実施例における状態遷移表(図3参照)と同様であるので、その説明を省略する。

【0065】次に、操作者は、マンマシン・インターフェイス41を構成する表示部41aの表示を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して、上記プリペイドカード発売機の仕様に基づいて、上記状態遷移表に基づくシミュレーションをシミュレータ50に実行させるために、以下に示す事象及びその発生タイミングその他のデータ(以下、シミュレーション・データという)を入力する。すなわち、初期の状態がプリペイドカード発券の指示待ちという<状態1>である時に、プリペイドカードの発券要求という<事象1>の発生後、5ms後にセンサ32の検出信号がOFFからONに変化し、その1ms後に再びOFFに変化するという<事象2>が発生するものとする。また、磁気ヘッド34aは、磁気データの書き込みの要求を受けた後、1ms後にその動作が正常に終了したことを通知し、磁気ヘッド34bは、磁気データの読み込みの要求を受けた後、1ms後にその動作が正常に終了したことを通知する、すなわち、それぞれ<事象3>及び<事象5>が発生するものとする。さらに、センサ33から検出信号が供給されるのを待機しているという<状態4>で、<事象1>の発生後、15ms後にセンサ33の検出信号がOFFからONに変化し、その1ms後に再びOFFに変化するという<事象7>が発生するものとする。また、操作者は、同じくマンマシン・インターフェイス41を構成する表示部41aの表示を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して、上記シミュレーション結果と比較するために、以下に示す設計上あるべき動作状態に関するデータ(以下検証データという)を入力する。すなわち、仕様上、モータ35は、<事象1>の発生時から5ms経過するまで駆動され、モータ37は、<事象1>の発生後、5ms後から14~16ms後までだけ駆動されるべきであるとする。以上説明したシミュレーション・データ及び検証データは、エディタ42において、例えば、図7に示すようなテキスト形式の試験スクリプト・ファイルに編集された後、試験スクリプト記憶部46に記憶される。図7において、「InitialState:ST1」は、シミュレーション開始時の初期状態が<状態1>であることを表している。「Event:」は、状態の変化を伴わない事象の発生を意味し、例えば、「C\_RQ」は、プリペイドカードの発券要求であることを意味している。また、「Object:」は、「:」以降に記載されている部品や装置等が当該パラグラフにおいてシミュレーション又は検証の対象物であることを表している。例えば、「S1」は、センサ32の状態変化を記述することを表している。「Property:」は、当該パラグラフのデータがシミュレーションデータ(TEST)であるか、検証データ(VERIFY)であるかを表している。「T

ime:」は、その下の行に表す状態変化の時間が絶対時間(ABS)であるか、相対時間(REL)であるかを表している。なお、「Event:C\_RQ」のパラグラフにおける「ABS(0)」は、絶対時間の0msにプリペイドカードの発券要求という事象を発生させることを意味する。「From:」と「To:」とは、事象の発生元と、その伝達先をそれぞれ意味している。

「StateChange:」は、「:」以降の文によって当該対象物の状態が時間の経過によってどのように変化するかを表しており、例えば、「0(OFF)→5(ON)→6(OFF)」は、0ms時にはOFF状態であるが、5ms後にON状態になり、6ms後に再びOFF状態に戻ることを表している。なお、この試験スクリプト・ファイルは、上記した差分時間を考慮して作成されるものとする。

【0066】次に、操作者が、上記プリペイドカード発売機の仕様に基づいて、上記状態遷移表に基づくシミュレーションをシミュレータ50に実行させるために、マンマシン・インターフェイス41を構成するマウス41bやキーボード41cを操作して、このプログラム開発装置をシミュレーション・モードにすると、表示部41aにシミュレーションの開始を指示する「開始」エリアが設けられたシミュレーション・モード・ウィンドウが表示される。以下、プリペイドカードの購入者が、操作・表示部23のカード発券指示ボタン(図示略)を押下した後プリペイドカードが発券されるまでのCPU24の処理時間を求める場合のシミュレータ50の動作及び操作者の操作について、図8に示すフローチャートを参照して説明する。まず、操作者は、シミュレーション・モード・ウィンドウに表示された、シミュレーションの開始を指示する「開始」エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をすることにより、シミュレータ50にシミュレーションの開始を指示する。これにより、状態遷移判定部50bは、ステップSB1の処理へ進み、時間累積部50cの記憶内容を0msにクリアした後、ステップSB2へ進む。ステップSB2では、状態遷移判定部50bは、事象入力部49から供給された試験スクリプト・ファイルの先頭の文を読み込んで、対応する状態を状態格納部18dに初期化状態として設定した後、ステップSB3へ進む。今の場合、図7に示す試験スクリプト・ファイルには、先頭の文として「InitialState:ST1」が記述されているので、状態格納部50dに初期化状態として<状態1>が設定される。

【0067】ステップSB3では、状態遷移判定部50bは、事象入力部49から事象解析部50aに入力されるべき試験スクリプト・ファイルがあるのか否かについて判断する。ステップSB3の判断結果が「YES」の場合、すなわち、事象入力部49から事象解析部50a

に入力されるべき試験スクリプト・ファイルがある場合には、状態遷移判定部50bは、その試験スクリプト・ファイルを事象入力部49から事象解析部50aに入力させた後、ステップSB4へ進む。今の場合、図7に示す試験スクリプト・ファイルが試験スクリプト記憶部46に記憶されているので、ステップSB3の判断結果が「YES」となり、状態遷移判定部50bは、その試験スクリプト・ファイルを事象入力部49から事象解析部50aに入力させる。ステップSB4では、事象解析部50aは、事象入力部49から入力された試験スクリプト・ファイルの複数の事象を発生する時間順に並べ替えた事象入力シーケンス（図9参照）を作成して状態遷移判定部50bに供給した後、ステップSB5へ進む。今の場合、図7に示す試験スクリプト・ファイルから図9に示す事象入力シーケンスが作成される。

【0068】ステップSB5では、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから事象入力シーケンスを時間の早い順に読み込んで、発生させるべき事象があるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、発生させるべき事象のうち、最も時間が早い事象及びその発生時刻を取り込んだ後、ステップSB6へ進む。一方、ステップSB5の判断結果が「NO」の場合、すなわち、事象入力シーケンスを時間の早い方からスキャンしてまだ発生させていない事象がない場合には、1つの試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションが終了したと判断して、ステップSB3へ戻り、次に試験すべき試験スクリプト・ファイルがあるか否かを判断する。今の場合、図7に示す試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションの最初であり、事象解析部50aから読み込んだ事象入力シーケンスには発生させるべき事象があるので、ステップSB5の判断結果は「YES」となり、状態遷移判定部50bは、図9の事象入力シーケンスの最も早い事象である「C\_RQ」及びその発生時刻(0ms)を取り込んだ後、ステップSB6へ進む。ステップSB6では、状態遷移判定部50bは、状態遷移表記憶部13から読み出した状態遷移表を参照して、取り込んだ事象がシミュレーションの対象となっている否かを判断する。この判断結果が「NO」の場合には、状態遷移判定部50bは、ステップSB5へ戻る。一方、ステップSB6の判断結果が「YES」の場合、すなわち、取り込んだ事象が状態遷移表に記述されたいずれかの事象であって、シミュレーションの対象となっている場合には、状態遷移判定部50bは、ステップSB7へ進む。今の場合、事象「C\_RQ」は<事象1>として状態遷移表に記述されており、シミュレーションの対象となっているので、ステップSB6の判断結果は「YES」となる。ステップSB7では、時間比較部50eは、状態遷移判定部50bが取り込んだ事象の発生時刻から時間累積部50cに現在記憶されている累積時間を減算し、減算結果が正であるか、すなわち、差

分時間があるか否かを判断する。この判断結果が「NO」の場合には、時間比較部50eは、ステップSB9へ進む。一方、ステップSB7の判断結果が「YES」の場合、すなわち、差分時間がある場合には、ステップSB8へ進む。今の場合、<事象1>はプリペイドカードの発券要求という事象であり、CPU24が周辺機器にある処理を行わせるための命令に関するものではないから、差分時間はなく、ステップSB7の判断結果が「NO」となり、時間比較部50eは、ステップSB9へ進む。ステップSB8では、時間比較部50eは差分時間を時間累積部50cに現在記憶されている累積時間に加算し、その加算結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSB9へ進む。

【0069】ステップSB9では、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ事象及び状態格納部18dに格納されている状態に基づいて、状態遷移表記憶部13から読み出した状態遷移表を参照して、対応するセルを決定した後、ステップSB10へ進む。今の場合、事象解析部50aから<事象1>を取り込んでいると共に、状態格納部50dには<状態1>が格納されているので、状態遷移判定部50bは、状態遷移表を参照して、セル(1, 1)を決定する。ステップSB10では、状態遷移判定部50bは、オーバーヘッド時間をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに記憶されている累積時間に加算し、その加算結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSB11へ進む。今の場合、状態遷移判定部50bは、オーバーヘッド時間(0.5ms)をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(0ms)に加算した後、加算結果(0.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。ステップSB11では、状態遷移判定部50bは、ステップSB9の処理で決定したセルで処理されるアクションの機能をチェックすると共に、当該アクションに対応した処理時間を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている累積時間に加算し、その加算結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSB12へ進む。今の場合、状態遷移判定部50bは、セル(1, 1)で処理される、モータ35を駆動させるアクションの機能をチェックすると共に、当該アクションに対応した処理時間(0.5ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(0.5ms)に加算した後、加算結果(1ms)を時間累積部50cに記憶させる。ステップSB12では、状態遷移判定部50bは、ステップSB9の処理で決定したセルに記述された遷移先の状態を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、ステップSB13へ進む。今の場合、セル(1, 1)には、遷移先が記述されていないので、遷移先は変更されず、状態格納部18dには<状態

1>が記憶されたままである。ステップSB13では、状態遷移判定部50bは、時間累積部50cに累積された累積時間と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶した後、ステップSB5へ戻る。今の場合、累積時間(1ms)と、遷移先の状態(<状態1>)とがシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶される。一方、ステップSB3の判断結果が「NO」の場合、すなわち、事象入力部49から事象解析部50aに継続する試験スクリプト・ファイルが入力されていない場合には、状態遷移判定部50bは、試験スクリプト記憶部46に記憶された全ての試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションが終了したと判断して、ステップSB14へ進む。ステップSB14では、状態遷移判定部50bは、シミュレーション結果記憶部51に記憶されたシミュレーション結果を読み出してマンマシン・インターフェイス41に供給した後、シミュレーション処理を終了する。これにより、マンマシン・インターフェイス41の表示部41aに今までのシミュレーション結果が表示される。

【0070】以下、図9に示す事象入力シーケンスの事象「C\_RQ」の次に早い時間に発生させるべき事象及びそれ以降の事象の発生並びにそれらに対応したシミュレーションについて説明する。なお、以下では、図8に示すフローチャートの各ステップの処理に触れずに説明するが、上記ステップSB3～SB13の処理が繰り返された後、最後にステップSB14の処理が行われることはいふまでもない。まず、状態遷移判定部50bは、図9に示す事象入力シーケンスを参照して、事象「S1:OFF→ON」及びその発生時刻(5ms)を取り込む。この事象「S1:OFF→ON」は図3に示す状態遷移表に<事象2>として記述されており、シミュレーションの対象となっているので、時間比較部50eは、<事象2>の発生時刻(5ms)から時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(1ms)を減算する。この減算結果が正(4ms)であるので、時間比較部50eは、差分時間(4ms)を時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(1ms)に加算した後、その加算結果(5ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ<事象2>及び状態格納部18dに格納されている状態(<状態1>)に基づいて、図3に示す状態遷移表を参照して、セル(1,2)を決定した後、オーバーヘッド時間(0.5ms)をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(5ms)に加算した後、加算結果(5.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(1,2)で処理される、モータ35の駆動停止、モータ37の駆動及び磁気ヘッド34aへの磁気データの書込要求という

アクションの機能をチェックすると共に、処理時間(4ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(5.5ms)に加算し、その加算結果(9.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(1,2)に記述された遷移先の状態(<状態2>)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、時間累積部50cに累積された累積時間(9.5ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(<状態2>)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0071】次に、状態遷移判定部50bは、図9に示す事象入力シーケンスを参照して、事象「S1:ON→OFF」及びその発生時刻(6ms)を取り込むが、この事象「S1:ON→OFF」は図3に示す状態遷移表に記述されておらず、シミュレーションの対象となっていないので、再び図9に示す事象入力シーケンスを参照して、事象「書き込みOK」及びその発生時刻(\*)を取り込む。この事象「書き込みOK」は図3に示す状態遷移表に<事象3>として記述されており、シミュレーションの対象となっているが、発生時刻(\*)は前の処理に引き続いて実行することを意味しているので、差分時間はない。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ<事象3>及び状態格納部18dに格納されている状態(<状態2>)に基づいて、図3に示す状態遷移表を参照して、セル(2,3)を決定した後、オーバーヘッド時間(0.5ms)をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(9.5ms)に加算した後、加算結果(10ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(2,3)で処理される、プリペイドカードの磁気データの読み込みを磁気ヘッド34bに要求するというアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(1ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(10ms)に加算し、その加算結果(11ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(2,3)に記述された遷移先の状態(<状態3>)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、時間累積部50cに累積された累積時間(11ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(<状態3>)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0072】次に、状態遷移判定部50bは、図9に示す事象入力シーケンスを参照して、事象「読み込みOK」及びその発生時刻(\*)を取り込む。この事象「読み込みOK」は図3に示す状態遷移表に<事象5>として記述されており、シミュレーションの対象となってい

るが、発生時刻(\*)は前の処理に引き続いて実行することを意味しているので、差分時間はない。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ<事象5>及び状態格納部18dに格納されている状態(<状態3>)に基づいて、図3に示す状態遷移表を参照して、セル(3, 5)を決定した後、オーバーヘッド時間(0.5ms)をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(11ms)に加算した後、加算結果(11.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(3, 5)で処理されるアクションがないのでアクションの機能をチェックは行わないが、処理時間(0ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(11.5ms)に加算し、その加算結果(11.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(3, 5)に記述された遷移先の状態(<状態4>)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、時間累積部50cに累積された累積時間(11.5ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(<状態4>)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0073】次に、状態遷移判定部50bは、図9に示す事象入力シーケンスを参照して、事象「S2: OFF→ON」及びその発生時刻(15ms)を取り込む。この事象「S2: OFF→ON」は図3に示す状態遷移表に<事象7>として記述されており、シミュレーションの対象となっているので、時間比較部50eは、<事象7>の発生時刻(15ms)から時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(11.5ms)を減算する。この減算結果が正(3.5ms)であるので、時間比較部50eは、差分時間(3.5ms)を時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(15ms)に加算した後、その加算結果(15ms)を時間累積部50cに記憶させる。

【0074】次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ<事象7>及び状態格納部18dに格納されている状態(<状態4>)に基づいて、図3に示す状態遷移表を参照して、セル(4, 7)を決定した後、オーバーヘッド時間(0.5ms)をオーバーヘッド時間記憶部45から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(15ms)に加算した後、加算結果(15.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(4, 7)で処理される、モータ37の駆動停止というアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(0.5ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(15.5ms)に加算し、その加算結果(16ms)

を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(4, 7)に記述された遷移先の状態(<状態1>)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、時間累積部50cに累積された累積時間(16ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(<状態1>)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。次に、状態遷移判定部50bは、図9に示す事象入力シーケンスを参照して、事象「S2: ON→OFF」及びその発生時刻(16ms)を取り込むが、この事象「S2: ON→OFF」は図3に示す状態遷移表に記述されておらず、シミュレーションの対象となっていないので、再び図9に示す事象入力シーケンスを参照する。しかし、図9に示す事象入力シーケンスのすべての事象について発生させたので、状態遷移判定部50bは、1つの試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションが終了したと判断する。

【0075】以上説明したシミュレーションは、磁気データのプリベイドカードへの書き込みと読み込みとがいずれも1回で成功した例であり、状態の遷移は、セル(1, 1)→セル(1, 2)→セル(2, 3)→セル(3, 5)→セル(4, 7)となる。これをシミュレーション結果1と呼ぶことにする。次に、磁気データのプリベイドカードへの書き込みと読み込みとにそれぞれ1回ずつ失敗して、再書き込みの処理と再読み込みの処理とを実行する場合をシミュレーションすると、状態の遷移は、セル(1, 1)→セル(1, 2)→セル(2, 4)→セル(2, 3)→セル(3, 6)→セル(3, 5)→セル(4, 7)となる。ここでは、このような場合の試験スクリプト・ファイル、事象入力シーケンス及びそれに基づくシミュレータ50の動作について説明しないが、上記の場合と同様な処理により、累積時間(16.5ms)が得られる。これをシミュレーション結果2と呼ぶことにする。そして、この2つのシミュレーションに関する2つの試験スクリプト・ファイルが試験スクリプト記憶部46に予め記憶されており、それぞれに基づくシミュレーションが終了した後は、状態遷移判定部50bは、シミュレーション結果記憶部51に記憶されたシミュレーション結果を読み出してマンマシン・インターフェイス41に供給した後、シミュレーション処理を終了する。これにより、図10に示すように、マンマシン・インターフェイス41の表示部41aに今までのシミュレーション結果がタイミング・チャートとして表示される。図10(a)~(e)はそれぞれ図3に示す状態遷移表の<事象1>、<事象2>、<事象3>、<事象5>、<事象7>の発生タイミングに関するシミュレーション・データの波形、図10(f)及び(g)はそれぞれモータ35(Motor A)及びモータ37(Motor B)を駆動すべき駆動信号の発生タイミングに関する検証データの波形である。これらは図7に示

す試験スクリプト・ファイルから作成される。また、図10(h)及び(i)はそれぞれシミュレーション結果1及びシミュレーション結果2を表し、図10(j)はシミュレーション結果2の場合のモータ37(Motor B)を駆動すべき駆動信号の発生タイミングに関する波形である。図10(g)と図10(j)とを比較すると、図10(g)ではモータ37(Motor B)の駆動信号がONからOFFに変化するタイミングの許容範囲が $15 \pm 1$ msであるのに対し、図10(j)ではモータ37(Motor B)の駆動信号が16msを経過してもONのままであり、シミュレーション結果2の場合には仕様を満たしていないことがわかる。そこで、操作者は、このシミュレーション結果2に基づいて、マシン・インターフェイス41を構成する表示部41aに表示されている状態遷移表(図3)を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して、当該状態遷移表を構成する各セルに記述されているアクションや処理時間等を仕様の許容範囲内で変更するなどしてCPU24の処理時間を短縮できないかを検討したり、動作速度がより早いCPUへの置き換えや磁気ヘッド34a又は磁気ヘッド34bの応答性を向上できないかを検討して、仕様が満足されるまでシミュレーションを繰り返すことになる。なお、上述の実施例では、ステップSB6を設けて、状態遷移表に規定していない事象が入力された場合、ステップSB5へ戻る構成にしたが、ステップSB6を設けずに、ステップSB7~SB13の各処理を該当処理なしとして何も処理せずに通過させるように構成しても良い。

【0076】このように、この例の構成によれば、状態遷移表の各セルに記述されたアクション毎の処理時間を設定すると共に、オーバーヘッド時間及び差分時間をも考慮して、状態遷移表に基づいてシステムのシミュレーションを実行することができるので、基本設計の段階で、上記した第1の実施例に比べてより実装状態に即したシミュレーションが可能となり、開発期間の短縮化及び品質向上を実現することができる。

#### 【0077】C. 第3の実施例

次に、この発明の第3の実施例について説明する。まず、プログラム開発装置の電氣的構成については、図6に示す第2の実施例のプログラム開発装置の電氣的構成と略同様であるとする。ただし、各構成要素の機能については後述するように異なる。また、このプログラム開発装置で開発すべきプログラムも、上記した第1の実施例と同様、図2に示すプリペイドカード発売機に組み込まれるプログラムであり、プリペイドカード発売機の仕様も第1の実施例と同様であるとする。上記した第1及び第2の実施例においては、いずれもCPU24の処理時間のみ考慮したが、磁気ヘッド34a及び34bなど周辺機器の処理時間も考慮しなければ、実装状態に即したシミュレーションであるとはいえない。そこで、この

実施例においては、磁気ヘッド34a及び34bの動作についても、図11に示すように状態遷移表を作成し、それに基づくシミュレーションを図3に示す状態遷移表に基づくシミュレーションに関連づけて実行することにする。なお、図11に示す状態遷移表の作成方法については、図3に示す状態遷移表の作成方法と略同様であるので、その説明を省略する。

【0078】図11の最上段の行において、「要求待ち」は磁気ヘッド34a及び34bがCPU24から磁気データの書き込み又は読み込みを要求待ちの状態(以下、{状態1}という)を表し、「書き込み中」は生カード36に磁気ヘッド34aにより磁気データを書き込んでいる状態(以下、{状態2}という)を表し、「読み込み中」は磁気ヘッド34bによりプリペイドカードの磁気データを読み込んでいる状態(以下、{状態3}という)を表している。また、図11の最左列において、「書き込み」はCPU24から生カード36への所定の磁気データの書き込み要求があったこと(以下、{事象1}という)を表し、「読み込み」はCPU24からプリペイドカードからの磁気データの読み込み要求があったこと(以下、{事象2}という)を表し、「書き込み完了」は磁気ヘッド34aによって生カード36に磁気データの書き込みが完了したというメッセージを受信したこと(以下、{事象3}という)を表し、「読み込み完了」は磁気ヘッド34bによってプリペイドカードから磁気データの読み込みが完了したというメッセージを受信したこと(以下、{事象4}という)を表している。

【0079】次に、図11に示す状態遷移表において、事象と状態とが交差する部分(セル)、例えば、{状態1}と{事象2}とが交差するセルをセル[1, 2]と表すとすると、各セルの記述内容は、以下に示す意味を表している。まず、セル[1, 1]において、「書き込みスタート」は、CPU24からの磁気データの書き込み要求待ちという{状態1}で、CPU24から磁気データの書き込み要求という{事象1}の発生に応じて、磁気ヘッド34aによる生カード36への磁気データの書き込みを開始するアクションを表している。また、セル[1, 1]において、「=>書き込み中」は、遷移先が{状態2}であることを表し、「(1)」は上記アクションの処理時間が1msであることを表している。さらに、セル[1, 1]において、「書き込み完了セット」は、磁気ヘッド34aによる生カード36への磁気データの書き込みが完了した場合には、書き込み完了というメッセージを送信することを表している。セル[1, 2]において、「読み込みスタート」は、CPU24からの磁気データの読み込み要求待ちという{状態1}で、CPU24から磁気データの読み込み要求という{事象2}の発生に応じて、磁気ヘッド34bによるプリペイドカードからの磁気データの読み込みを開始す



るアクションを表している。また、セル[1, 2]において、「=>読み込み中」は、遷移先が{状態3}であることを表し、「(1)」は上記アクションの処理時間が1msであることを表している。さらに、セル[1, 2]において、「読み込み完了セット」は、磁気ヘッド34bによるプリペイドカードからの磁気データの読み込みが完了した場合には、読み込み完了というメッセージを送信することを表している。セル[1, 3]及びセル[1, 4]において、「×」はこのような事象と状態との組み合わせが存在しないことを表している。

【0080】セル[2, 1]において、「エラーリターン」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという{状態2}で、さらにCPU24から磁気データの書き込み要求という{事象1}が発生した場合、仕様上1度に1枚の生カード36にしか磁気データを書き込めないため、CPU24にその旨通知するアクションを表している。また、セル[2, 1]において、「=>-」は、今の状態、すなわち、{状態2}に留まることを表し、「(0.5)」は、上記アクションの処理時間が0.5msであることを表している。セル[2, 2]において、「エラーリターン」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという{状態2}であるにも拘らず、CPU24から磁気データの読み込み要求という{事象2}が発生した場合、CPU24において異常が発生していると判断するものとし、CPU24にその旨通知するアクションを表している。また、セル[2, 2]において、「=>-」は、今の状態、すなわち、{状態2}に留まることを表し、「(0.5)」は、上記アクションの処理時間が0.5msであることを表している。セル[2, 3]において、「データフラグセット：書き込み終了」は、生カード36に磁気ヘッド34aによって磁気データを書き込んでいるという{状態2}で、磁気ヘッド34aによって生カード36に磁気データの書き込みが完了したというメッセージを受信したという{事象3}の発生に応じて、書き込みが終了した旨のデータフラグをセットするアクションを表している。また、セル[2, 3]において、「=>要求待ち」は、遷移先が{状態1}であることを表し、「(1)」は、上記アクションの処理時間が1msであることを表している。セル[2, 4]において、「/」は何のアクションも実行せず、状態遷移も行わないことを表している。「/」の意味はセル[3, 3]においても同様であるので、その説明を省略する。

【0081】セル[3, 1]において、「エラーリターン」は、プリペイドカードから磁気ヘッド34bによって磁気データを読み込んでいるという{状態3}であるにも拘らず、CPU24から磁気データの書き込み要求という{事象1}が発生した場合、CPU24において異常が発生していると判断するものとし、CPU24に

その旨通知するアクションを表している。また、セル[3, 1]において、「=>-」は、今の状態、すなわち、{状態3}に留まることを表し、「(0.5)」は、上記アクションの処理時間が0.5msであることを表している。セル[3, 2]において、「エラーリターン」は、プリペイドカードから磁気ヘッド34bによって磁気データを読み込んでいるという{状態3}で、さらにCPU24から磁気データの読み込み要求という{事象2}が発生した場合、仕様上1度に1枚のプリペイドカードからしか磁気データを読み込めないため、CPU24にその旨通知するアクションを表している。また、セル[2, 2]において、「=>-」は、今の状態、すなわち、{状態3}に留まることを表し、

「(0.5)」は、上記アクションの処理時間が0.5msであることを表している。セル[3, 4]において、「データフラグセット：読み込み終了」は、プリペイドカードから磁気ヘッド34bによって磁気データを読み込んでいるという{状態3}で、磁気ヘッド34bによってプリペイドカードから磁気データの読み込みが完了したというメッセージを受信したという{事象4}の発生に応じて、読み込みが終了した旨のデータフラグをセットするアクションを表している。また、セル[3, 4]において、「=>要求待ち」は、遷移先が{状態1}であることを表し、「(1)」は、上記アクションの処理時間が1msであることを表している。

【0082】次に、操作者は、マンマシン・インターフェイス41を構成する表示部41aの表示を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して、上記プリペイドカード発売機の仕様に基づいて、上記2つの状態遷移表(図3及び図11)に基づくシミュレーションをシミュレータ50に実行させるために、シミュレーションデータ及び検証データを入力する。なお、このシミュレーションデータ及び検証データの内容については、上記した第2の実施例と同様であるので、その説明を省略する。そして、エディタ42は、このシミュレーションデータ及び検証データに基づいて、図12及び図13に示すタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルを作成・編集して、試験スクリプト記憶部46に記憶する。図12において、No. 1及びNo. 2がシミュレーションデータ、No. 3及びNo. 4が検証データである。また、図12のNo. 4の検証データにおいて、四角に囲まれた±1は、モータB、すなわち、モータ37のONからOFFへの制御切換タイミングが15msを中心とした±1msの許容範囲内であればよいことを表している。図13のNo. 1において、四角で囲まれた「書き込み」はCPUからライト磁気ヘッド、すなわち、磁気ヘッド34aに対して磁気データの書き込み命令が供給されたことを表し、四角で囲まれた「読み込み」はCPUからリード磁気ヘッド、すなわち、磁気ヘッド34bに対して磁気データの読み込み命



令が供給されたことを表している。また、図13のNo. 2は、CPUからの書き込み命令を受けると、2ms後に磁気データの書き込みが正常に終了したことを示す「書き込みOK」という通知をCPUに供給することにより、CPUに割り込みを発生させることを表している。同様に、図13のNo. 3は、CPUからの読み込み命令を受けると、2ms後に磁気データの読み込みが正常に終了したことを示す「読み込みOK」という通知をCPUに供給することにより、CPUに割り込みを発生させることを表している。なお、上記2msはいずれも絶対時間ではなく、相対時間である。なお、このタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルについては、例えば、エディタ42に組み込まれたタイミング・チャート編集プログラムを用いて作成しても良いし、一旦図7に示すテキスト形式の試験スクリプト・ファイルを作成した後、エディタ42に組み込まれたタイミング・チャート表示プログラムを用いて変換・作成しても良い。この実施例においては、後者の方法を採用するものとする。したがって、試験スクリプト記憶部46には、テキスト形式の試験スクリプト・ファイルとタイミング・チャート形式で表示させるための試験スクリプト・ファイルとが作成されて記憶されるものとする。

【0083】また、第2の実施例においては、オーバーヘッド時間が一律に0.5msであると設定したが、オーバーヘッド時間は、厳密に言えば、状態遷移表の各セル毎に、また各アクションの実行前後でも異なっている。そこで、この発明では、より実装状態に即したシミュレーションを実行するために、オーバーヘッド時間記憶部45には、図14に示すように、図3に示す状態遷移表に対応した記憶エリアを設けて各セル毎にオーバーヘッド時間を記憶するものとする。図14において、例えば、「0.2/0.3」は、「/」の前の数字「0.2」が当該セルに記述されたアクション実行前のオーバーヘッド時間（以下、これを前オーバーヘッド時間と呼ぶ）を表し、「/」の後の数字「0.3」が当該セルに記述されたアクション実行後のオーバーヘッド時間（以下、これを後オーバーヘッド時間と呼ぶ）を表している。なお、磁気ヘッド34a及び34bは、実際にはCPU24からの制御信号を受信した専用LSIによって駆動されるので、厳密に言えばオーバーヘッド時間を考慮する必要があるが、この実施例においては、磁気ヘッド34a及び34bの駆動に関し、前オーバーヘッド時間及び後オーバーヘッド時間は共にないものとする。

【0084】次に、操作者が、上記プリペイドカード発売機の仕様に基づいて、上記2つの状態遷移表（図3及び図11）に基づくシミュレーションをシミュレータ50に実行させるために、マンマシン・インターフェイス41を構成するマウス41bやキーボード41cを操作して、このプログラム開発装置をシミュレーション・モードにすると、表示部41aにシミュレーションの開始

を指示する「開始」エリアが設けられたシミュレーション・モード・ウィンドウが表示される。以下、生カード36がセンサ32を通過した後、センサ33を通過するまでのCPU24の処理時間及び磁気ヘッド34a及び34bの処理時間を求める場合のシミュレータ50の動作及び操作者の操作について、図15に示すフローチャートを参照して説明する。まず、操作者は、シミュレーション・モード・ウィンドウに表示された、シミュレーションの開始を指示する「開始」エリアにマウス11bやキーボード11cのカーソルキーでカーソルを移動させてマウスの左ボタンのクリックやリターンキーの押下をすることにより、シミュレータ50にシミュレーションの開始を指示する。これにより、状態遷移判定部50bは、ステップSC1の処理へ進み、時間累積部50cの記憶内容を0msにクリアした後、ステップSC2へ進む。ステップSC2では、状態遷移判定部50bは、事象入力部49から供給されたテキスト形式の試験スクリプト・ファイルの先頭の文を読み込んで、対応する状態を状態格納部18dに初期化状態として設定した後、ステップSC3へ進む。今の場合、図7に示す試験スクリプト・ファイルには、先頭の文として「Initial State: ST1」が記述されているので、状態格納部50dに初期化状態として<状態1>が設定される。

【0085】ステップSC3では、状態遷移判定部50bは、事象入力部49から事象解析部50aに入力されるべきタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルがあるのか否かを判断する。ステップSC3の判断結果が「YES」の場合、すなわち、事象入力部49から事象解析部50aに入力されるべきタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルがある場合には、状態遷移判定部50bは、その試験スクリプト・ファイルを事象入力部49から事象解析部50aに入力させた後、ステップSC4へ進む。今の場合、図12及び図13に示す試験スクリプト・ファイルが試験スクリプト記憶部46に記憶されているので、ステップSC3の判断結果が「YES」となり、状態遷移判定部50bは、それぞれの試験スクリプト・ファイルを事象入力部49から事象解析部50aに入力させる。ステップSC4では、事象解析部50aは、事象入力部49から入力されたタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルの各事象の波形の変化点を検出し、各事象を発生する時間順に並べ替えた事象入力シーケンスを作成して状態遷移判定部50bに供給した後、ステップSC5へ進む。今の場合、図12及び図13に示すタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルからタイミング・チャート形式の事象入力シーケンス（図示略）が作成される。

【0086】ステップSC5では、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから事象入力シーケンスを時間

の早い順に読み込んで、発生させるべき事象があるか否かを判断する。この判断結果が「YES」の場合には、発生させるべき事象のうち、最も時間が早い事象を取り込んだ後、ステップSC6へ進む。一方、ステップSC5の判断結果が「NO」の場合、すなわち、事象入力シーケンスを時間の早い方からスキャンしてまだ発生させていない事象がない場合には、1つの試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションが終了したと判断して、ステップSC3へ戻り、次に試験すべき試験スクリプト・ファイルがあるか否かについて判断する。今の場合、図12及び図13に示す試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションの最初であり、事象解析部50aから読み込んだ事象入力シーケンスには発生させるべき事象があるので、ステップSC5の判断結果は「YES」となり、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスの最も早い事象である「S1:OFF→ON」を取り込んだ後、ステップSC6へ進む。ステップSC6では、状態遷移判定部50bは、状態遷移表記憶部13から読み出した状態遷移表を参照して、取り込んだ事象がシミュレーションの対象となっている否かを判断する。この判断結果が「NO」の場合には、状態遷移判定部50bは、ステップSC5へ戻る。一方、ステップSC6の判断結果が「YES」の場合、すなわち、取り込んだ事象が状態遷移表に記述されたいずれかの事象であって、シミュレーションの対象となっている場合には、状態遷移判定部50bは、ステップSC7へ進む。今の場合、事象「S1:OFF→ON」は<事象2>として図3に示す状態遷移表に記述されており、シミュレーションの対象となっているので、ステップSC6の判断結果は「YES」となる。ステップSC7では、時間比較部50eは、状態遷移判定部50bが取り込んだ事象の波形の変化点における時刻と、時間累積部50cに現在記憶されている累積時間とを比較し、違いがあるか、すなわち、差分時間があるか否かを判断する。この判断結果が「NO」の場合には、時間比較部50eは、ステップSC9へ進む。一方、ステップSC7の判断結果が「YES」の場合、すなわち、差分時間がある場合には、ステップSC8へ進む。今の場合、<事象2>はセンサ32の検出信号がOFFからONに変化したという事象であり、CPU24が周辺機器にある処理を行わせるための命令に関するものではないから、差分時間はなく、ステップSC7の判断結果が「NO」となり、時間比較部50eは、ステップSC9へ進む。ステップSC8では、時間比較部50eは、差分時間を、時間累積部50cに現在記憶されている累積時間に加算又は累積時間から減算し、その結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSC9へ進む。

【0087】ステップSC9では、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ事象及び状態格納部18dに格納されている状態に基づいて、状態遷移

表記憶部13から読み出した状態遷移表を参照して、対応するセルを決定した後、ステップSC10へ進む。今の場合、事象解析部50aから<事象2>を取り込んでいると共に、状態格納部50dには<状態1>が格納されているので、状態遷移判定部50bは、状態遷移表を参照して、セル(1, 2)を決定する。ステップSC10では、状態遷移判定部50bは、ステップSC9の処理で決定したセルに対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから前オーバーヘッド時間を読み出して時間累積部50cに記憶されている累積時間に加算し、その加算結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSC11へ進む。但し、ステップSC9の処理で決定したセルが図11に示す状態遷移表のセルの場合には、オーバーヘッド時間がないので、状態遷移判定部50bは、何もせず、ステップSC11へ進む。今の場合、状態遷移判定部50bは、セル(1, 2)に対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから前オーバーヘッド時間(0.2ms)を読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(0ms)に加算した後、加算結果(0.2ms)を時間累積部50cに記憶させる。ステップSC11では、状態遷移判定部50bは、ステップSC9の処理で決定したセルで処理されるアクションの機能をチェックすると共に、当該アクションに対応した処理時間を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている累積時間に加算し、その加算結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSC12へ進む。今の場合、状態遷移判定部50bは、セル(1, 2)で処理される、モータ35の駆動停止、モータ37の駆動及び磁気ヘッド34aへの磁気データの書込要求というアクションの機能をチェックすると共に、当該アクションに対応した処理時間(4ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(0.2ms)に加算した後、加算結果(4.2ms)を時間累積部50cに記憶させる。ステップSC12では、状態遷移判定部50bは、ステップSC9の処理で決定したセルに記述された遷移先の状態を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、当該セルのアクションが周辺機器の制御である場合には、そのアクションに対応した周辺機器の動作の状態遷移表の状態も併せて状態格納部50dに格納した後、ステップSC13へ進む。今の場合、セル(1, 2)に記述された(<状態2>)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、当該セルのアクションが磁気ヘッド34aへの磁気データの書込要求であるから、{事象1}、すなわち、書込要求が発生させた後、{状態1}も併せて状態格納部50dに格納する。ステップSC13では、状態遷移判定部50bは、ステップSC9の処理で決定したセルに対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エ

リアから後オーバーヘッド時間を読み出して時間累積部50cに記憶されている累積時間に加算し、その加算結果を時間累積部50cに記憶させた後、ステップSC14へ進む。但し、ステップSC9の処理で決定したセルが図11に示す状態遷移表のセルの場合には、オーバーヘッド時間がないので、状態遷移判定部50bは、何もせず、ステップSC14へ進む。今の場合、状態遷移判定部50bは、セル(1, 2)に対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから後オーバーヘッド時間(0.3ms)を読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(4.2ms)に加算した後、加算結果(4.5ms)を時間累積部50cに記憶させる。ステップSC14では、状態遷移判定部50bは、時間累積部50cに累積された累積時間と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶した後、ステップSC5へ戻る。今の場合、累積時間(4.5ms)と、遷移先の状態(<状態2>及び<状態1>)とがシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶される。

【0088】一方、ステップSC3の判断結果が「N O」の場合、すなわち、事象入力部49から事象解析部50aに継続すべき試験スクリプト・ファイルが入力されていない場合には、状態遷移判定部50bは、試験スクリプト記憶部46に記憶された全ての試験スクリプト・ファイルに基づくシミュレーションが終了したと判断して、ステップSC15へ進む。ステップSC15では、状態遷移判定部50bは、シミュレーション結果記憶部51に記憶されたシミュレーション結果を読み出してマンマシン・インターフェイス41に供給した後、シミュレーション処理を終了する。これにより、マンマシン・インターフェイス41の表示部41aに今までのシミュレーション結果が表示される。

【0089】以下、事象入力シーケンスの事象「S1: OFF→ON」の次に早い時間に発生させるべき事象及びそれ以降の事象の発生並びにそれらに対応したシミュレーションについて説明する。なお、以下では、図15に示すフローチャートの各ステップの処理に触れずに説明するが、上記ステップSC3～SC14の処理が繰り返された後、最後にステップSC15の処理が行われることはいうまでもない。まず、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスを参照して、事象「書き込み」を取り込む。この事象「書き込み」は図11に示す状態遷移表に<事象1>として記述されており、シミュレーションの対象となっているので、時間比較部50eは、<事象1>の波形の変化点における時刻と、時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(4.5ms)とを比較し、差があるか、すなわち、差分時間があるか判断する。今の場合、累積時間(4.5ms)は、図3に示すセル(1, 2)に記述されたアクション全てが終了

した場合の時間であるのに対し、図11に示す<事象1>は、図13から分かるように、CPU24からの磁気ヘッド34aへの磁気データの書込要求に応じて直ちに発生する事象であるので、<事象1>の波形の変化点における時刻は、セル(1, 2)に記述されたアクション実行後の後オーバーヘッド時間(0.3ms)分だけ前となる。すなわち、0.3msが差分時間となる。そこで、時間比較部50eは、差分時間(0.3ms)を時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(4.5ms)から減算した後、その結果(4.2ms)を時間累積部50cに記憶させる。

【0090】次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ<事象1>及び状態格納部18dに格納されている状態(<状態1>)に基づいて、図11に示す状態遷移表を参照して、セル[1, 1]を決定した後、セル[1, 1]で処理される、磁気ヘッド34aによる生カード36への磁気データの書き込みを開始するアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(1ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(4.2ms)に加算し、その加算結果(5.2ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル[1, 1]に記述された遷移先の状態(<状態2>)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、時間累積部50cに累積された累積時間(5.2ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(<状態2>)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0091】次に、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスを参照して、事象「書き込み完了」を取り込む。この事象「書き込み完了」は図11に示す状態遷移表に<事象3>として記述されており、シミュレーションの対象となっているので、時間比較部50eは、<事象3>の波形の変化点における時刻と、時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(5.2ms)とを比較し、差分時間があるか判断するが、今は磁気ヘッド34a及び34bに関するシミュレーションであるので、差分時間はない。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ<事象3>及び状態格納部18dに格納されている状態(<状態2>)に基づいて、図11に示す状態遷移表を参照して、セル[2, 3]を決定した後、セル[2, 3]で処理される、書き込みが終了した旨のデータフラグをセットするアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(1ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(5.2ms)に加算し、その加算結果(6.2ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル[2, 3]に記述された遷移先の状態(<状態1>)を

状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、当該セルのアクションが書き込みが終了した旨のデータフラグセットであるから、〈事象3〉、すなわち、「書き込みOK」の割込要求を発生させた後、時間累積部50cに累積された累積時間(6.2ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(〈状態1〉)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0092】次に、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスを参照して、事象「書き込みOK」を取り込む。この事象「書き込みOK」は図3に示す状態遷移表に〈事象3〉として記述されており、シミュレーションの対象となっているが、前の処理に引き続いて発生する事象であるので、差分時間はない。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ〈事象3〉及び状態格納部18dに格納されている状態(〈状態2〉)に基づいて、図3に示す状態遷移表を参照して、セル(2,3)を決定した後、セル(2,3)に対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから前オーバーヘッド時間(0.2ms)を読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(6.2ms)に加算した後、加算結果(6.4ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(2,3)で処理される、プリベイドカードの磁気データの読み込みを磁気ヘッド34bに要求するというアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(1ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(6.4ms)に加算し、その加算結果(7.4ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル(2,3)に記述された(〈状態3〉)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、当該セルのアクションが磁気ヘッド34bへの磁気データの読込要求であるから、〈事象2〉、すなわち、読込要求を発生させた後、セル(2,3)に対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから後オーバーヘッド時間(0.2ms)を読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(7.4ms)に加算した後、加算結果(7.6ms)を時間累積部50cに記憶させる。

【0093】次に、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスを参照して、事象「読み込み」を取り込む。この事象「読み込み」は、図11に示す状態遷移表に〈事象2〉として記述されており、シミュレーションの対象となっているので、時間比較部50eは、〈事象2〉の波形の変化点における時刻と、時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(7.6ms)とを比較し、差分時間があるか判断する。今の場合、累積時間(7.6ms)は、図3に示すセル(2,3)に記述されたアクション全てが終了した場合の時間であるのに対

し、図11に示す〈事象2〉は、図13から分かるように、CPU24からの磁気ヘッド34bへの磁気データの読込要求に応じて直ちに発生する事象であるので、

〈事象2〉の波形の変化点における時刻は、セル(2,3)に記述されたアクション実行後の後オーバーヘッド時間(0.2ms)分だけ前となる。すなわち、0.2msが差分時間となる。そこで、時間比較部50eは、差分時間(0.2ms)を時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(7.6ms)から減算した後、その結果(7.4ms)を時間累積部50cに記憶させる。

【0094】次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ〈事象2〉及び状態格納部18dに格納されている状態(〈状態1〉)に基づいて、図11に示す状態遷移表を参照して、セル[1,2]を決定した後、セル[1,2]で処理される、磁気ヘッド34bによるプリベイドカードからの磁気データの読み込みを開始するアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(1ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(7.4ms)に加算し、その加算結果(8.4ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル[1,2]に記述された遷移先の状態(〈状態3〉)を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納した後、時間累積部50cに累積された累積時間(8.4ms)と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態(〈状態3〉)とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0095】次に、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスを参照して、事象「読み込み完了」を取り込む。この事象「読み込み完了」は図11に示す状態遷移表に〈事象4〉として記述されており、シミュレーションの対象となっているので、時間比較部50eは、〈事象4〉の波形の変化点における時刻と、時間累積部50cに現在記憶されている累積時間(8.4ms)とを比較し、差分時間があるか判断するが、今は磁気ヘッド34a及び34bに関するシミュレーションであるので、差分時間はない。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ〈事象4〉及び状態格納部18dに格納されている状態(〈状態3〉)に基づいて、図11に示す状態遷移表を参照して、セル[3,4]を決定した後、セル[3,4]で処理される、読み込みが終了した旨のデータフラグをセットするアクションの機能をチェックすると共に、処理時間(1ms)を処理時間記憶部44から読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間(8.4ms)に加算し、その加算結果(9.4ms)を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル[3,4]に記述された遷移先の状態(〈状態1〉)を

状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、当該セルのアクションが読み込みが終了した旨のデータフラグセットであるから、＜事象5＞、すなわち、「読み込みOK」の割込要求を発生させた後、時間累積部50cに累積された累積時間（9.4ms）と、状態格納部50dに格納された遷移先の状態（{状態1}）とをシミュレーション結果としてシミュレーション結果記憶部51に記憶する。

【0096】次に、状態遷移判定部50bは、事象入力シーケンスを参照して、事象「読み込みOK」を取り込む。この事象「読み込みOK」は図3に示す状態遷移表に＜事象5＞として記述されており、シミュレーションの対象となっているが、前の処理に引き続いて発生する事象であるので、差分時間はない。次に、状態遷移判定部50bは、事象解析部50aから取り込んだ＜事象5＞及び状態格納部18dに格納されている状態（＜状態3＞）に基づいて、図3に示す状態遷移表を参照して、セル（3, 5）を決定した後、セル（3, 5）に対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから前オーバーヘッド時間（0.2ms）を読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間（9.4ms）に加算した後、加算結果（9.6ms）を時間累積部50cに記憶させる。次に、状態遷移判定部50bは、セル（3, 5）に記述された（＜状態4＞）を状態遷移表記憶部43から読み出して状態格納部50dに格納すると共に、セル（3, 5）に対応するオーバーヘッド時間記憶部45の記憶エリアから後オーバーヘッド時間（0.3ms）を読み出して時間累積部50cに記憶されている現在までの累積時間（9.6ms）に加算した後、加算結果（9.9ms）を時間累積部50cに記憶させる。

【0097】以上説明したシミュレーションが終了した後は、状態遷移判定部50bは、シミュレーション結果記憶部51に記憶されたシミュレーション結果を読み出してマンマシン・インターフェイス41に供給した後、シミュレーション処理を終了する。これにより、図16に示すように、マンマシン・インターフェイス41の表示部41aに今までのシミュレーション結果がタイミング・チャートとして表示される。図16（a）は図3に示す状態遷移表の＜事象2＞の発生タイミングに関するシミュレーション・データの波形、図16（b）はモータ37（Motor B）を駆動すべき駆動信号の発生タイミングに関する検証データの波形である。また、図16（c）及び（d）はそれぞれCPUの動作のシミュレーション結果及び磁気ヘッドの動作のシミュレーション結果を表している。図16（b）に示すように、モータ37（Motor B）の駆動信号がONからOFFに変化するタイミングの許容範囲が $10 \pm 1$ msであるのに対し、図16（c）に示す磁気ヘッドの動作を関連づけたCPUの動作のシミュレーション結果では9.9ms

で全ての処理を終了しており、仕様を満たしていることがわかる。一方、シミュレーションが仕様通りに実行されなかった場合には、操作者は、マンマシン・インターフェイス41を構成する表示部41aに表示されている状態遷移表（図3及び図11）を参照しつつ、マウス41bやキーボード41cを操作して、これらの状態遷移表を構成する各セルに記述されているアクションや処理時間等を仕様の許容範囲内で変更するなどしてCPU24の処理時間を短縮できないかを検討したり、動作速度がより早いCPUへの置き換えや磁気ヘッド34a又は磁気ヘッド34bの応答性を向上できないかを検討して、仕様が満足されるまでシミュレーションを繰り返すことになる。なお、上述の実施例では、ステップSC6を設けて、状態遷移表に規定していない事象が入力された場合、ステップSC5へ戻る構成にしたが、ステップSC6を設けずに、ステップSC7～SC14の各処理を該当処理なしとして何も処理せずに通過させるように構成しても良い。

【0098】このように、この例の構成によれば、CPUの動作だけでなく周辺機器の動作についても状態遷移表を作成し、これらを関連づけてシミュレーションを実行することができるので、基本設計の段階で、上記した第1及び第2の実施例に比べてより実装状態に即したシミュレーションが可能となり、開発期間の短縮化及び品質向上を実現することができる。

#### 【0099】D. 第4の実施例

次に、第4の実施例について説明する。図17はこの発明の第4の実施例であるプログラム開発装置の電気的構成を示すブロック図である。図17において、図6の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。この図に示すプログラム開発装置においては、処理時間入力部61と、コンパイラ62と、機械語コード記憶部63と、コード時間算出部64とが新たに設けられている。処理時間入力部61は、操作者がマンマシン・インターフェイス41を構成するマウス41bやキーボード41cを操作して入力した、プログラム開発の対象であるリアルタイム制御システムを構成するCPUの動作速度が一時的に記憶される。コンパイラ62は、プログラム記憶部48に記憶されているプログラム（原始プログラム）を読み出して、それに基づいてCPUが実行可能な機械語で記述されたオブジェクト・プログラムに変換して、機械語コード記憶部63に記憶する。機械語コード記憶部63は、RAM等の半導体メモリ、FDやHD等の大規模な記憶容量を有する記憶媒体からなり、オブジェクト・プログラムが記憶される。コード時間算出部64は、処理時間入力部61に記憶されているCPUの動作速度と、状態遷移表の各セルに記述されているアクションに対応したオブジェクト・プログラムを構成する機械語コードのコード数とを乗算し、乗算結果を当該アクションの処理時間として処理時間記憶部44

の対応する記憶エリアに記憶する。また、コード時間算出部64は、処理時間入力部61に記憶されているCPUの動作速度と、状態遷移表に各セルに記述されているアクションの処理前後の状態遷移に対応したオブジェクト・プログラムのコード数とを乗算し、乗算結果を当該状態遷移におけるオーバーヘッド時間としてオーバーヘッド時間記憶部45の対応する記憶エリアに記憶する。このような構成によれば、上記した第2～第4の実施例のように、操作者が経験上得られた処理時間やオーバーヘッド時間の数値に基づくシミュレーションに比べて、シミュレーションの精度が向上すると共に、経験の浅い操作者であっても、経験者とはほぼ同等のシミュレーション結果を得ることができる。

#### 【0100】E. 第5の実施例

次に、第5の実施例について説明する。図18は、この発明の第5の実施例であるプログラム開発装置の電気的構成を示すブロック図である。図18において、図17の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。この図に示すプログラム開発装置においては、処理時間入力部61及びコード時間算出部64に代えて、インサーキット・エミュレータ(ICE: In-Circuit Emulator)65及びコード時間算出部66が新たに設けられている。インサーキット・エミュレータ65は、プログラム開発の対象であるリアルタイム制御システムを構成するCPUと同等の性能を有するエミュレーション・チップが搭載され、リアルタイム制御システムを構成する各種の周辺機器(例えば、図2に示すプリペイドカード発売機では、磁気ヘッド34a及び343bなど)が接続されて構成されたものである。そして、このインサーキット・エミュレータ65は、機械語コード記憶部63に記憶されているオブジェクト・プログラムをROMに置き換えることができるRAMに予め記憶しておき、エミュレーション・チップによってオブジェクト・プログラムを読み出させて実行させることにより、リアルタイム制御システムを実際に動作させた場合とほぼ同等の処理を実行させることができる。そこで、この実施例では、インサーキット・エミュレータ65によるオブジェクト・プログラムの実行により得られた実行時間に基づいて、コード時間算出部66が状態遷移表の各セルに記述されているアクションの処理時間とオーバーヘッド時間とを算出して、処理時間記憶部44及びオーバーヘッド時間記憶部45のそれぞれの対応する記憶エリアに記憶するように構成する。なお、インサーキット・エミュレータ65に代えて、コード・シミュレータを用いてももちろん良い。このような構成によれば、上記した第4の実施例では得られなかった割り込み処理や、キャッシュ・ヒット/ミスヒット、パイプライン処理などを考慮した時間も求めることができ、より実際の処理時間に近い時間でシミュレーションをすることができ

#### 【0101】F. 第6の実施例

次に、第6の実施例について説明する。図19はこの発明の第6の実施例であるプログラム開発装置の電気的構成を示すブロック図である。図19において、図18の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。この図に示すプログラム開発装置においては、図17に示す処理時間入力部61及びコード時間算出部64と、処理時間記憶部44a及び44bと、オーバーヘッド時間記憶部45a及び45bと、シミュレーション結果記憶部51a及び51bと、累積時間比較部67とが新たに設けられている。この実施例の構成は、要するに、図6、図17及び図18のそれぞれに示すプログラム開発装置の構成を合体させたものである。すなわち、操作者が経験上想定した処理時間及びオーバーヘッド時間が処理時間記憶部44及びオーバーヘッド時間記憶部45に記憶され、それらに基づくシミュレーション結果がシミュレーション結果記憶部51に記憶され、原始プログラムをコンパイラ62によりコンパイルして得られたオブジェクト・プログラムから算出された処理時間及びオーバーヘッド時間が処理時間記憶部44a及びオーバーヘッド時間記憶部45aに記憶され、それらに基づくシミュレーション結果がシミュレーション結果記憶部51aに記憶され、オブジェクト・プログラムをインサーキット・エミュレータ65により実行して得られた処理時間及びオーバーヘッド時間が処理時間記憶部44b及びオーバーヘッド時間記憶部45bに記憶され、それらに基づくシミュレーション結果がシミュレーション結果記憶部51bに記憶される。そして、これら3つの手法により得られた3つのシミュレーション結果について累積時間比較部67において比較・検討する。なお、インサーキット・エミュレータ65に代えて、コード・シミュレータを用いてももちろん良い。また、上記した3つのシミュレーション結果を全て求める必要はなく、いずれか2つのシミュレーション結果を求めて累積時間比較部67において比較・検討しても良い。このような構成によれば、操作者の想定時間の妥当性を確認できると共に、次にリアルタイム制御システムのプログラムを開発する際の操作者の推定精度を向上させることができる。なお、上記第6の実施例において、シミュレーション結果に不具合があつてシミュレーションを繰り返す際には、状態遷移表のあるセルの処理時間を変更する場合には、当該セルの処理時間のみ操作者の想定時間とし、他のセルについてはオブジェクト・プログラムに基づく処理時間、あるいはインサーキット・エミュレータ65に基づく処理時間とすることにより、シミュレーションの時間的な誤差を低減できる。

#### 【0102】G. 第7の実施例

次に、この発明の第7の実施例について説明する。図20は、この発明の第7の実施例であるプログラム開発装置の電気的構成を示すブロック図である。図20におい



て、図6の各部に対応する部分には同一の符号を付け、その説明を省略する。この図に示すプログラム開発装置においては、試験スクリプト記憶部46に代えて、試験スクリプト記憶部71及び試験スクリプト作成部72が新たに設けられている。この実施例の構成は、要するに、第1の実施例のように操作者が1事象ずつ入力した事象の順番である入力事象ログと、それに基づくシミュレーションの実行履歴(実行ログ)とから試験スクリプト・ファイルを自動的に作成するものである。つまり、1回目のシミュレーションについては、第1の実施例のように、操作者が1事象ずつマウス41b等により入力してシミュレータ50にシミュレーションを実行させ、その際に得られる入力事象ログ及び実行ログに基づいて試験スクリプト作成部72が試験スクリプト・ファイルを自動生成して試験スクリプト記憶部71に記憶する。そして、2回目以降のシミュレーションについては、試験スクリプト記憶部71から試験スクリプト・ファイルを読み出してシミュレータ50にシミュレーションを実行させるのである。この場合、事象入力部49は図1に示す入力部17の機能を、事象解析部50aは図1に示す解析部18aの機能をも有しているものとする。このような構成によれば、試験スクリプト・ファイルの作成とシミュレーションとをほぼ同時に行うことができると共に、試験スクリプト・ファイルの作成や修正の時間を短縮できるので、プログラムの開発期間を短縮化できる。また、テキスト形式の試験スクリプト・ファイルを作成する場合に比べて簡単に入力できると共に、入力ミスを低減できる。

【0103】以上、この発明の実施例を図面を参照して詳述してきたが、具体的な構成はこの実施例に限られるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。例えば、上述の各実施例においては、状態遷移表で処理時間を表すのに、例えば、(4)というように単一の値を記述する例を示したが、これに限定されず、システムの仕様上の許容範囲内で(1-5)というように、ある一定の幅を持たせた値を設定して処理時間記憶部に記憶するように構成しても良い。このように構成すれば、シミュレータは、1回目のシミュレーション実行時に、例えば、当該幅のある値の中の平均値を読み出してシミュレーションを実行した結果、仕様に合致しない場合には、2回目のシミュレーション実行時に、例えば、当該幅のある値の中の最小値や最大値、あるいはランダムに選択した値等を読み出してシミュレーションを実行するという処理を自動的に行うことができる。したがって、操作者の手を煩わすことなく、システムの仕様に合致するまでシミュレーションを自動的に行うことができる。また、処理時間の最小値だけ又は最大値だけを選択してシミュレーションを実行して累積時間を求めたり、処理時間の最小値や最大値をランダムに選択してシミュレーションを実行

して累積時間を求めるなど、様々な条件でシミュレーションを実行して累積時間を求めても良い。また、状態遷移表の各セルに処理時間を記述する場合、数値で記述するのではなく、変数で記述してシミュレータ内部で動的に処理時間を変更するように構成しても、略同様の結果が得られる。

【0104】また、上述の第3の実施例においては、CPUの動作のシミュレーションと、周辺機器である磁気ヘッドの動作のシミュレーションとをシリーズで処理する例を示したが、これに限定されず、パラレルで処理するように構成しても良い。というのは、CPUと磁気ヘッド(厳密には、磁気ヘッド駆動用のLSI)とは独立に動作しており、CPUは磁気ヘッドに対して書込要求命令又は読込要求命令を供給した後、磁気ヘッドからの割込信号が入るまでは別の処理をしているからである。その場合、CPUの動作のシミュレーションを実行するシミュレータと、周辺機器の動作のシミュレーションを実行するシミュレータとを別個に設け、これらのシミュレータは、互いに同期を取りながら対応する状態遷移表に記述されている各セルの処理時間を累積することにより、シミュレーションを実行する。このような構成によれば、複数の処理が同時並行的に処理される場合でも、正確な処理時間を見積もることができる。

【0105】さらに、上述の各実施例においては、試験スクリプト・ファイルとして、図7に示すテキスト形式や、図12及び図13に示すタイミング・チャート形式を用いる例を示したが、これに限定されず、例えば、図21に示すように、メッセージ・シーケンス・チャート形式を用いてももちろん良い。図21において、細い縦線はオブジェクト・バーであり、最上部の四角で囲まれた部品や装置等がシミュレーション又は検証の対象物であることを表し、太い縦線はタイムバーであり、継続時間を表している。また、上述の各実施例においては、いずれも事象が外部から供給される例を示したが、これに限定されず、状態遷移表に予め定義しておくことにより、シミュレータ内部で事象を発生させることもできる。さらに、上述の各実施例で説明した機能は、その構成上可能な限り、他の実施例におけるプログラム開発装置に適用できることはいうまでもない。

【0106】また、上述の各実施例においては、各手段をハードウェアで表現したが、これに限定されない。すなわち、上記プログラム開発装置を、CPUと、ROMやRAM等の内部記憶装置と、FDD(フロッピー・ディスク・ドライバ)、HDD(ハード・ディスク・ドライバ)、CD-ROMドライバ等の外部記憶装置と、出力手段と、入力手段とを有するコンピュータによって構成し、上記エディタ12又は42、ジェネレータ15又は47、入力部17、シミュレータ18又は50、事象入力部49等がCPUによって構成され、これらの機能がプログラム開発プログラムとして、ROM等の半導体



メモリや、FD、HDやCD-ROM等の記憶媒体に記憶されていると構成しても良い。この場合、上記内部記憶装置、あるいは外部記憶装置が状態遷移表記憶部13又は43、処理時間記憶部14又は44、オーバーヘッド時間記憶部45、試験スクリプト記憶部46等となり、プログラム開発プログラムは、記憶媒体からCPUに読み込まれ、CPUの動作を制御する。CPUは、プログラム開発プログラムが起動されると、エディタ12又は42、ジェネレータ15又は47、入力部17又は事象入力部49、シミュレータ18又は50等として機能し、プログラム開発プログラムの制御により、上記した処理を実行するのである。

#### 【0107】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の構成によれば、状態遷移表の各セルに対応した時間情報を記憶し、それに基づいてシステムのシミュレーション実行時の処理時間を累積することができるので、基本設計の段階で仕様に即したシミュレーションが可能となる。また、この発明の別の構成によれば、状態遷移表の各セルに記述された処理毎の処理時間を設定すると共に、オーバーヘッド時間及び差分時間をも考慮して、状態遷移表に基づいてシステムのシミュレーションを実行することができるので、基本設計の段階で、より実装状態に即したシミュレーションが可能となる。さらに、この発明の別の構成によれば、制御部の動作だけでなく周辺機器の動作についても状態遷移表を作成し、これらを関連づけてシミュレーションを実行することができるので、基本設計の段階で、より実装状態に即したシミュレーションが可能となる。また、この発明の別の構成によれば、操作者が経験上得られた処理時間やオーバーヘッド時間の数値に基づくシミュレーションに比べて、シミュレーションの精度が向上すると共に、経験の浅い操作者であっても、経験者とほぼ同等のシミュレーション結果を得ることができる。さらに、この発明の別の構成によれば、割り込み処理や、キャッシュ・ヒット/ミスヒット、パイプライン処理などを考慮した時間も求めることができ、より実際の処理時間に近い時間でシミュレーションをすることができる。

【0108】また、この発明の別の構成によれば、操作者の想定時間の妥当性を確認できると共に、次にシステムのプログラムを開発する際の操作者の推定精度を向上させることができる。さらに、この発明の別の構成によれば、試験スクリプト・ファイルの作成とシミュレーションとをほぼ同時に行うことができると共に、試験スクリプト・ファイルの作成や修正の時間を短縮できるので、プログラムの開発期間を短縮化できる。また、テキスト形式の試験スクリプト・ファイルを作成する場合に比べて簡単に入力できると共に、入力ミスを低減できる。また、この発明の別の構成によれば、操作者の手を煩わすことなく、システムの仕様に合致するまでシミュ

レーションを自動的に行うことができる。さらに、この発明の別の構成によれば、複数の処理が同時並行的に処理される場合でも、正確な処理時間を見積もることができる。これにより、リアルタイム制御システムに組み込むプログラムの開発期間の短縮化及び品質向上を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施例であるプログラム開発装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図2】プログラム開発の対象であるプリペイドカード発売機の概略構成を示す模式図である。

【図3】上記プリペイドカード発売機を構成するCPUの動作の状態遷移表の一例を示す図である。

【図4】同実施例におけるマンマシン・インターフェイスを構成する表示部に表示されるシミュレーション・モード画面の一例を示す図である。

【図5】同実施例におけるシミュレータの動作を表すフローチャートである。

【図6】この発明の第2の実施例であるプログラム開発装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図7】同実施例におけるシミュレーションで用いるテキスト形式の試験スクリプト・ファイルの一例を示す図である。

【図8】同実施例におけるシミュレータの動作を表すフローチャートである。

【図9】図7に示す試験スクリプト・ファイルから作成される事象入力シーケンスの一例を示す図である。

【図10】同実施例におけるシミュレーション結果の一例を表すタイミング・チャートである。

【図11】この発明の第3の実施例においてプログラム開発の対象であるプリペイドカード発売機を構成する磁気ヘッドの動作の状態遷移表の一例を示す図である。

【図12】同実施例におけるシミュレーションで用いるタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルの一例を示す図である。

【図13】同実施例におけるシミュレーションで用いるタイミング・チャート形式の試験スクリプト・ファイルの一例を示す図である。

【図14】同実施例におけるオーバーヘッド記憶部の構成の一例を示す図である。

【図15】同実施例におけるシミュレータの動作を表すフローチャートである。

【図16】同実施例におけるシミュレーション結果の一例を表すタイミング・チャートである。

【図17】この発明の第4の実施例であるプログラム開発装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図18】この発明の第5の実施例であるプログラム開発装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図19】この発明の第6の実施例であるプログラム開発装置の電氣的構成を示すブロック図である。

【図20】この発明の第7の実施例であるプログラム開発装置の電気的構成を示すブロック図である。

【図21】この発明の第2実施例におけるシミュレーションで用いるメッセージ・シーケンス・チャート形式の試験スクリプト・ファイルの一例を示す図である。

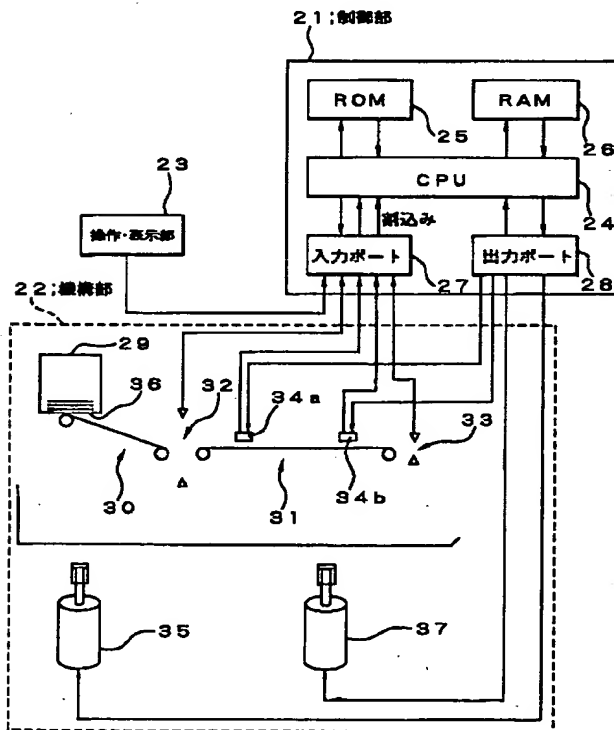
【図22】従来のプログラム開発装置の電気的構成例を示すブロック図である。

【符号の説明】

11, 41 マシン・インターフェイス  
 11a, 41a 表示部  
 11b, 41b マウス（操作部）  
 11c, 41c キーボード（操作部）  
 12, 42 エディタ  
 13, 43 状態遷移表記憶部  
 14, 44, 44a, 44b 処理時間記憶部（時間情報記憶部、第1, 第2, 第3の時間情報記憶部）  
 15, 47 ジェネレータ  
 16, 48 プログラム記憶部  
 17 入力部  
 18, 50 シミュレータ  
 18a 解析部

18b, 50b 状態遷移判定部  
 18c, 50c 時間累積部  
 18d, 50d 状態格納部  
 21 制御部  
 24 CPU（制御部）  
 34a, 34b 磁気ヘッド（周辺機器）  
 45, 45a, 45b オーバーヘッド時間記憶部（時間情報記憶部、第1, 第2, 第3の時間情報記憶部）  
 46, 71 試験スクリプト記憶部  
 49 事象入力部  
 50a 事象解析部  
 50e 時間比較部  
 51, 51a, 51b シミュレーション結果記憶部  
 61 処理時間入力部  
 62 コンパイラ  
 63 機械語コード記憶部  
 64, 66 コード時間算出部（第1, 第2の算出部）  
 65 インサーキット・エミュレータ  
 67 累積時間比較部（比較部）  
 72 試験スクリプト作成部

【図2】



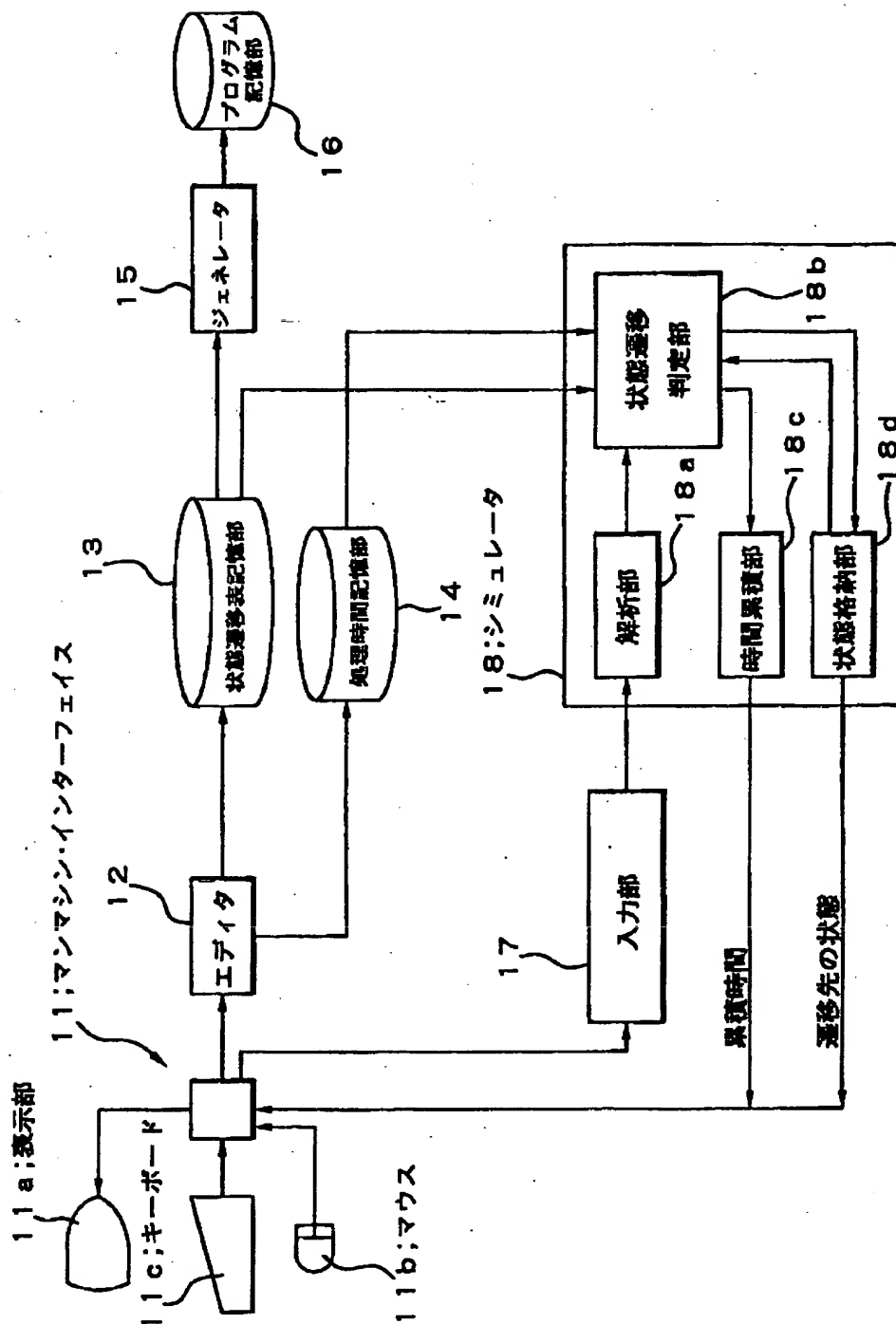
【図3】

		モータA			モータB		
		書き込み中	読み込み中	82待ち	書き込み中	読み込み中	82待ち
カード読込要求	モータA:ON (0.5)	エラーメッセージ =>(0)	エラーメッセージ =>(0)	/	/	/	/
	モータA:OFF モータB:ON 書き込み =>読み込み中 (0)	/	/	/	/	/	/
書き込み	OK	/	読み込み =>読み込み中 (0)	エラーリセット 読み込み=>(2)	/	/	/
	NG	/	書き込み =>(2)	エラーリセット 読み込み=>(2)	/	/	/
読み込み	OK	/	エラーリセット 書き込み=>(0)	=>82待ち	/	/	/
	NG	/	エラーリセット 書き込み=>(0)	読み込み =>(0)	/	/	/
82:OFF->ON		/	/	/	/	/	モータB:OFF =>モータA (0.5)

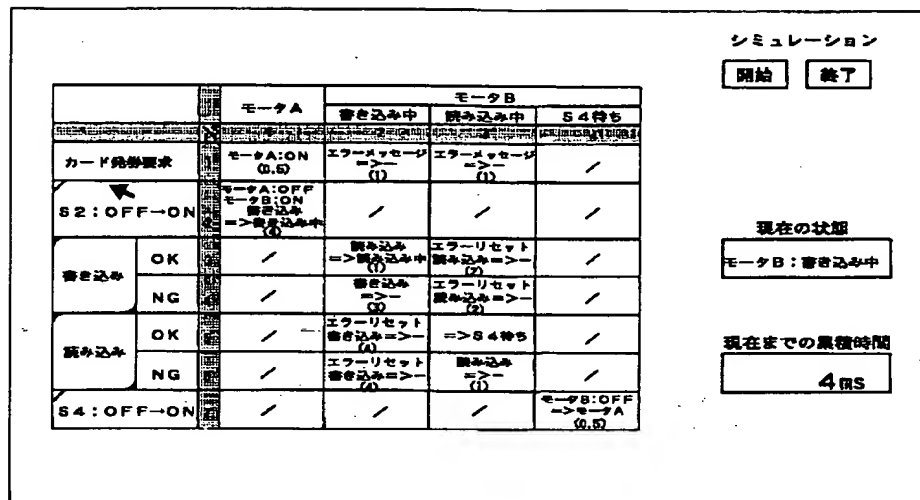
【図11】

	要求待ち	書き込み中	読み込み中
書き込み	書き込みスタート =>書き込み中 書き込み完了セット (1)	エラーリターン =>(0.5)	エラーリターン =>(0.5)
読み込み	読み込みスタート =>読み込み中 読み込み完了セット (1)	エラーリターン =>(0.5)	エラーリターン =>(0.5)
書き込み完了	×	データフラグセット 書き込み完了 =>要求待ち (1)	/
読み込み完了	×	/	データフラグセット 読み込み完了 =>要求待ち (1)

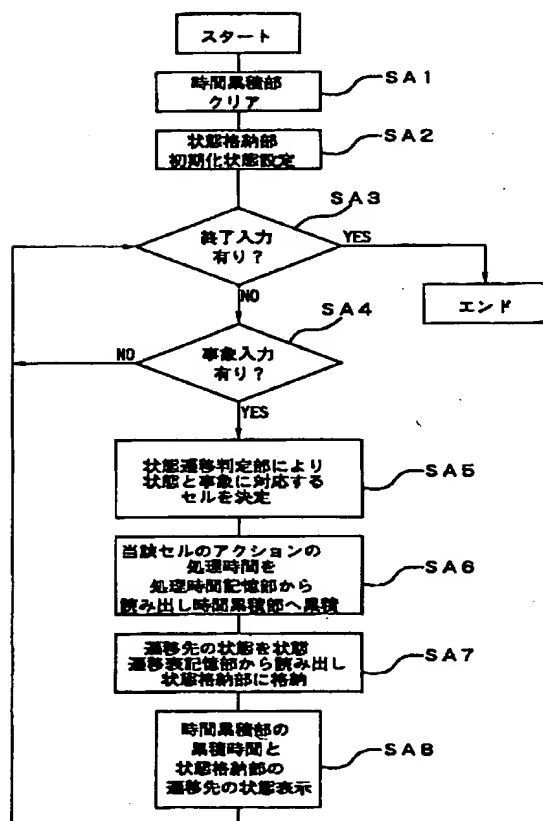
【図1】



【図4】



【図5】



【図7】

initialState:ST1

Event:C\_RQ  
Property:TEST  
Time:ABS(0)  
From:Card Request Button  
To:Card Task

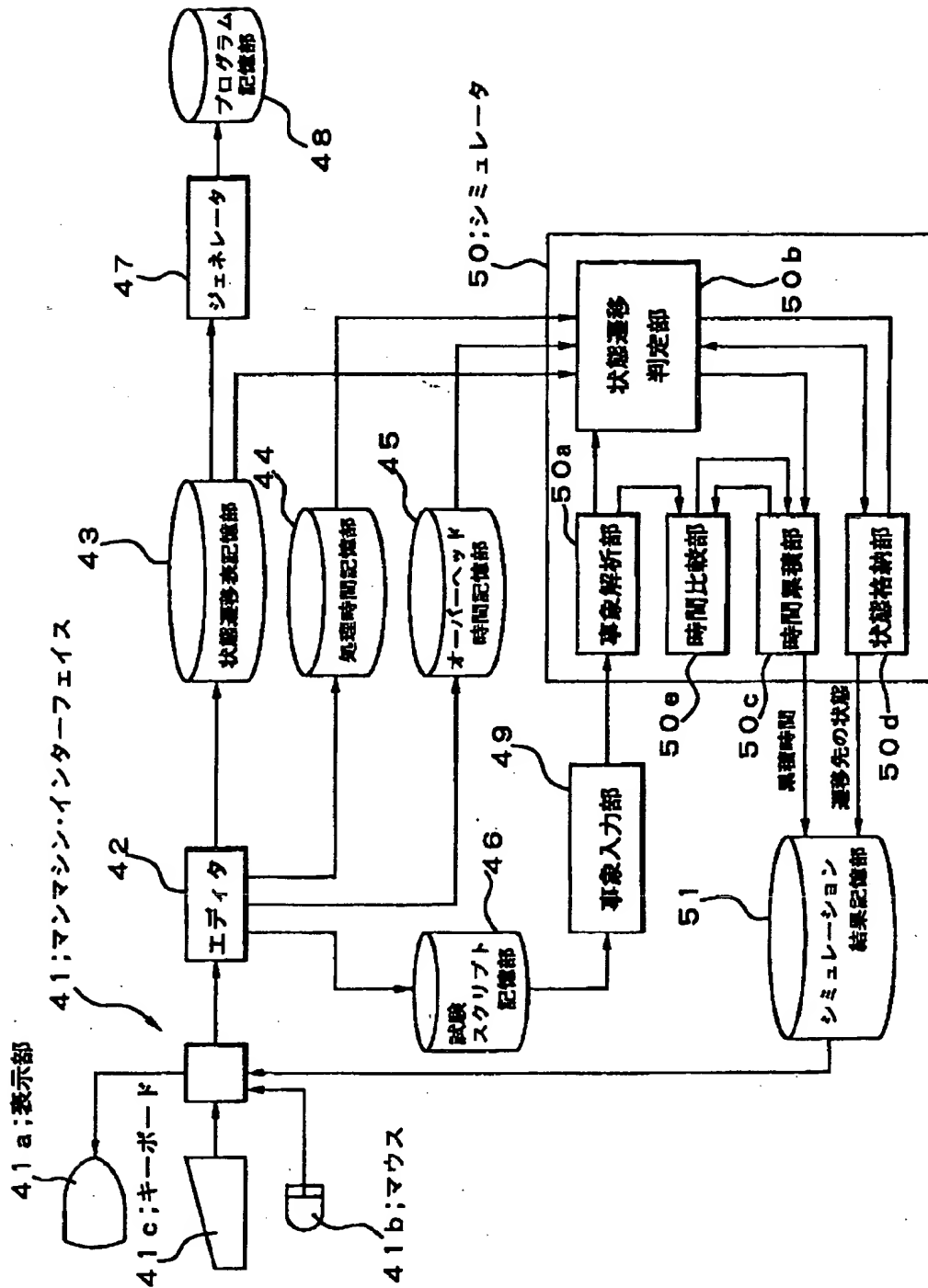
Object:S1  
Property:TEST  
Time:ABS  
StateChange:0(OFF)->5(ON)->6(OFF)

Object:S2  
Property:TEST  
Time:ABS  
StateChange:0(OFF)->15(ON)->16(OFF)

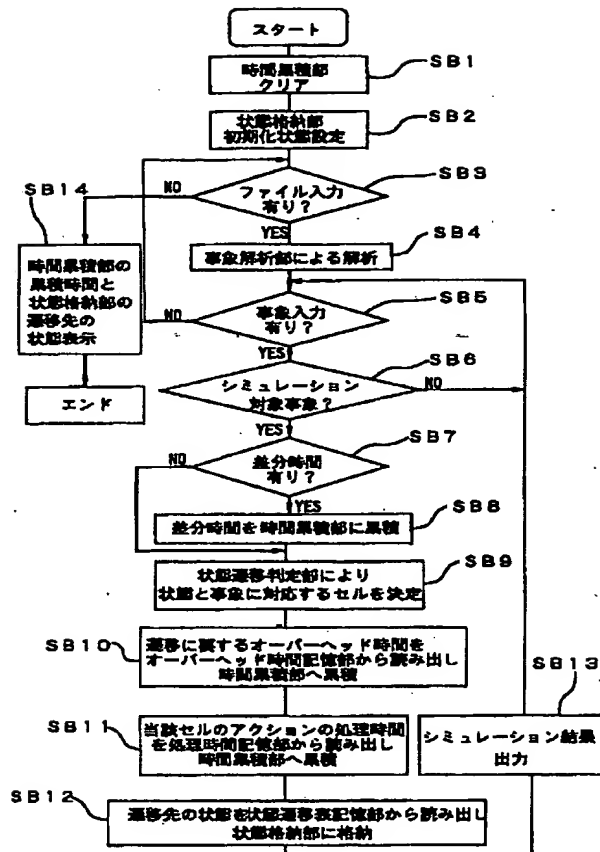
Object:motorA  
Property:VERIFY  
Time:ABS  
StateChange:0(ON)->5(OFF)

Object:motorA  
Property:VERIFY  
Time:ABS  
StateChange:0(OFF)->5(ON)->14-16(OFF)

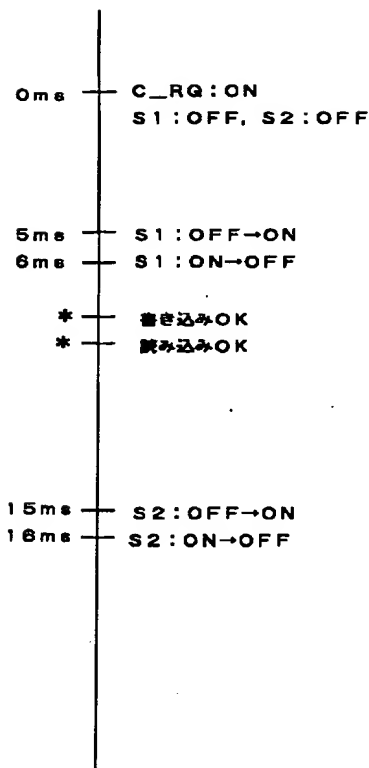
【図6】



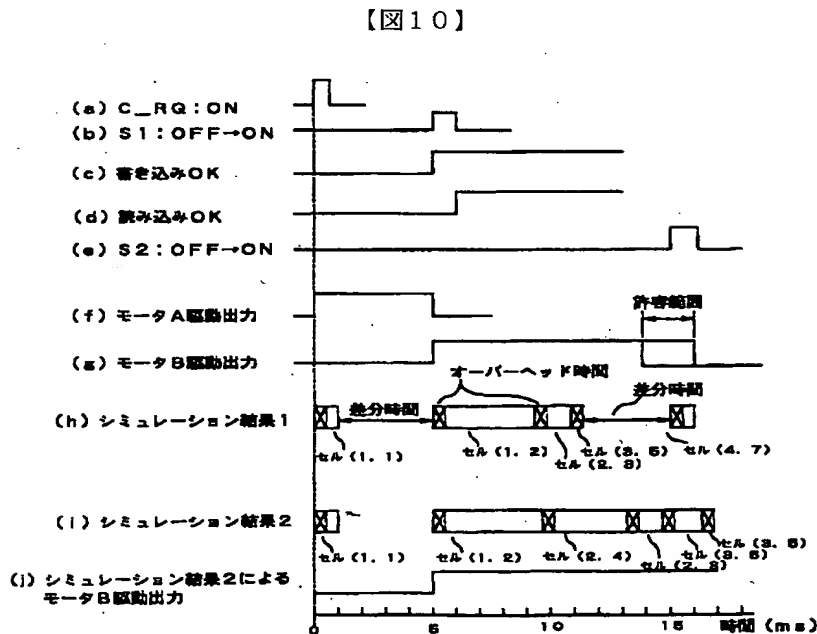
【図8】



【図9】

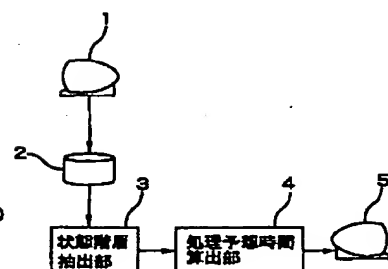


【図12】



No	項目名	(ms)
1	S1	ON OFF
2	S2	ON OFF
3	モータA	ON OFF
4	モータB	ON OFF

【図22】



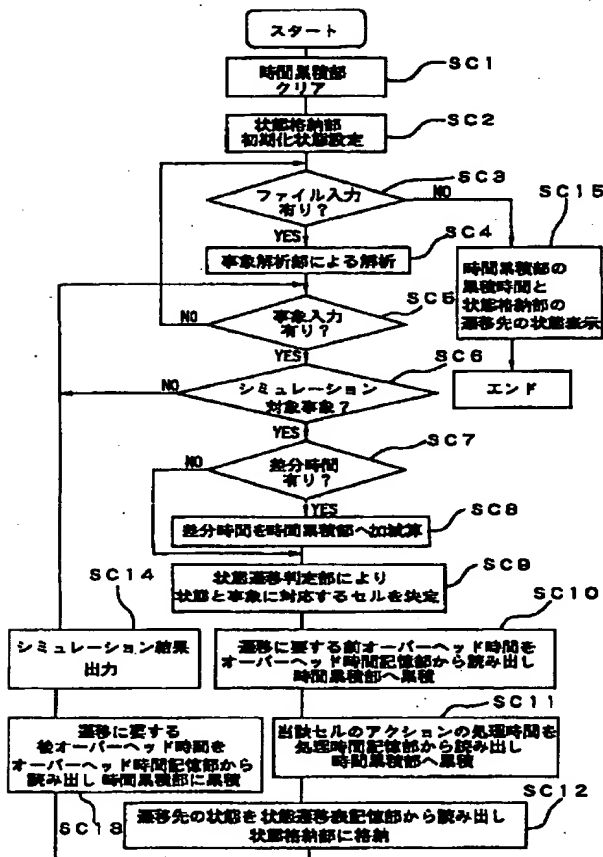
【図13】

No	項目名	(ma)
1	CPU	書き込み      読み込み
2	ライト 磁気ヘッド	2 → 書き込みOK
3	リード 磁気ヘッド	2 → 読み込みOK

【図14】

		モータB			
		モータA	書き込み中	読み込み中	S2待ち
カード発券要求		0.2/0.3	0.1/0.1	0.1/0.1	/
S1: OFF→ON		0.2/0.3			/
書き込み	OK	/	0.2/0.2	0.4/0.5	/
	NG	/	0.6/0.8	0.4/0.5	/
読み込み	OK	/	0.4/0.5	0.2/0.3	/
	NG	/	0.4/0.5	0.5/0.7	/
S2: OFF→ON		/	/	/	0.2/0.2

【図15】



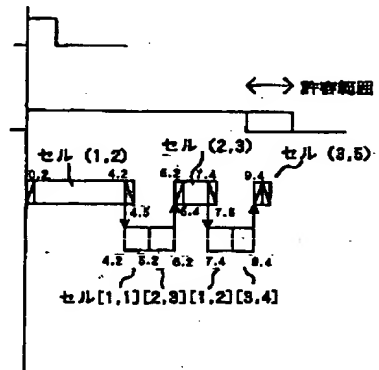
【図16】

(a) S1: OFF→ON

(b) モータB駆動出力

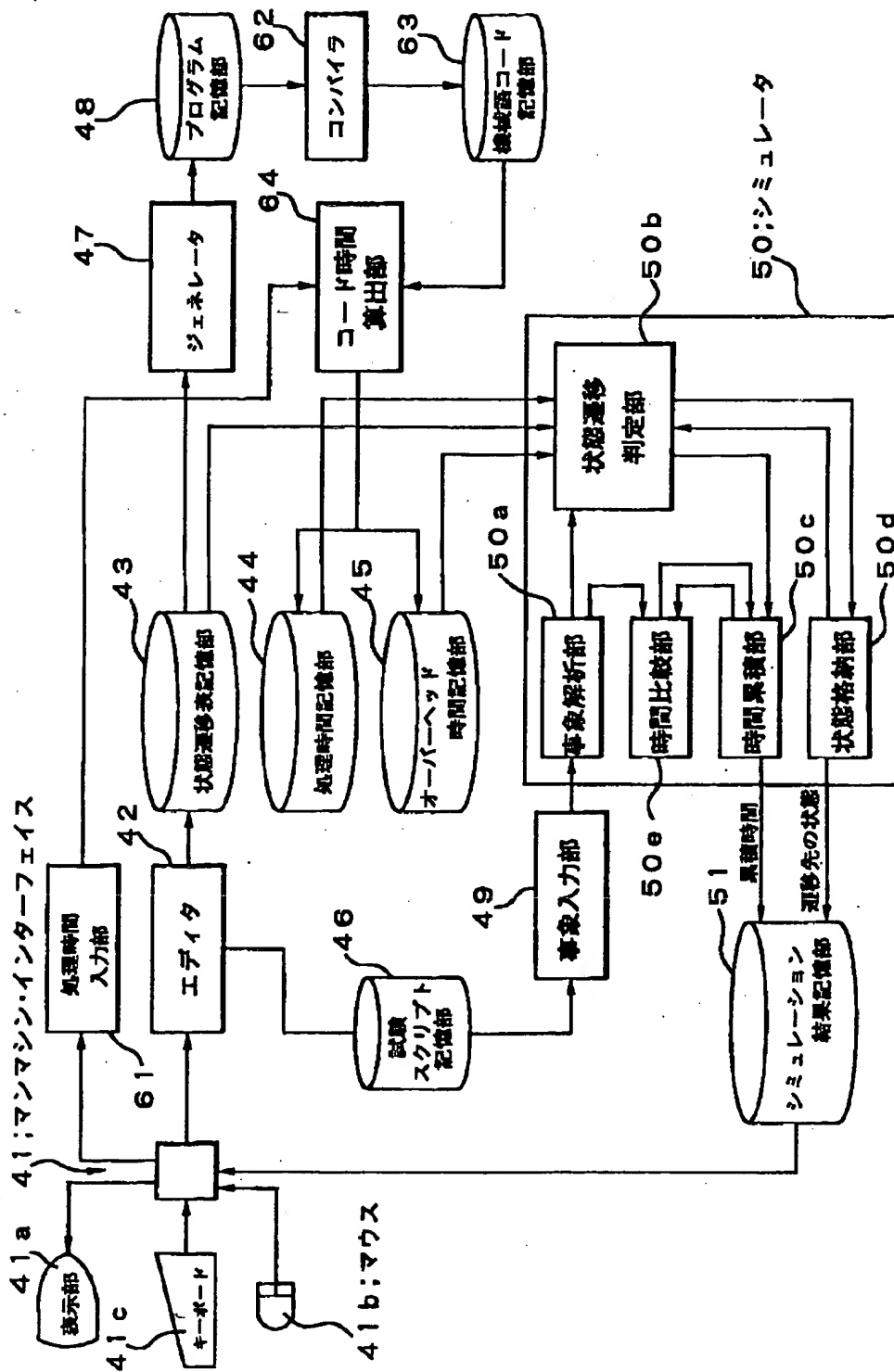
(c) CPUのシミュレーション結果

(d) 磁気ヘッドのシミュレーション結果

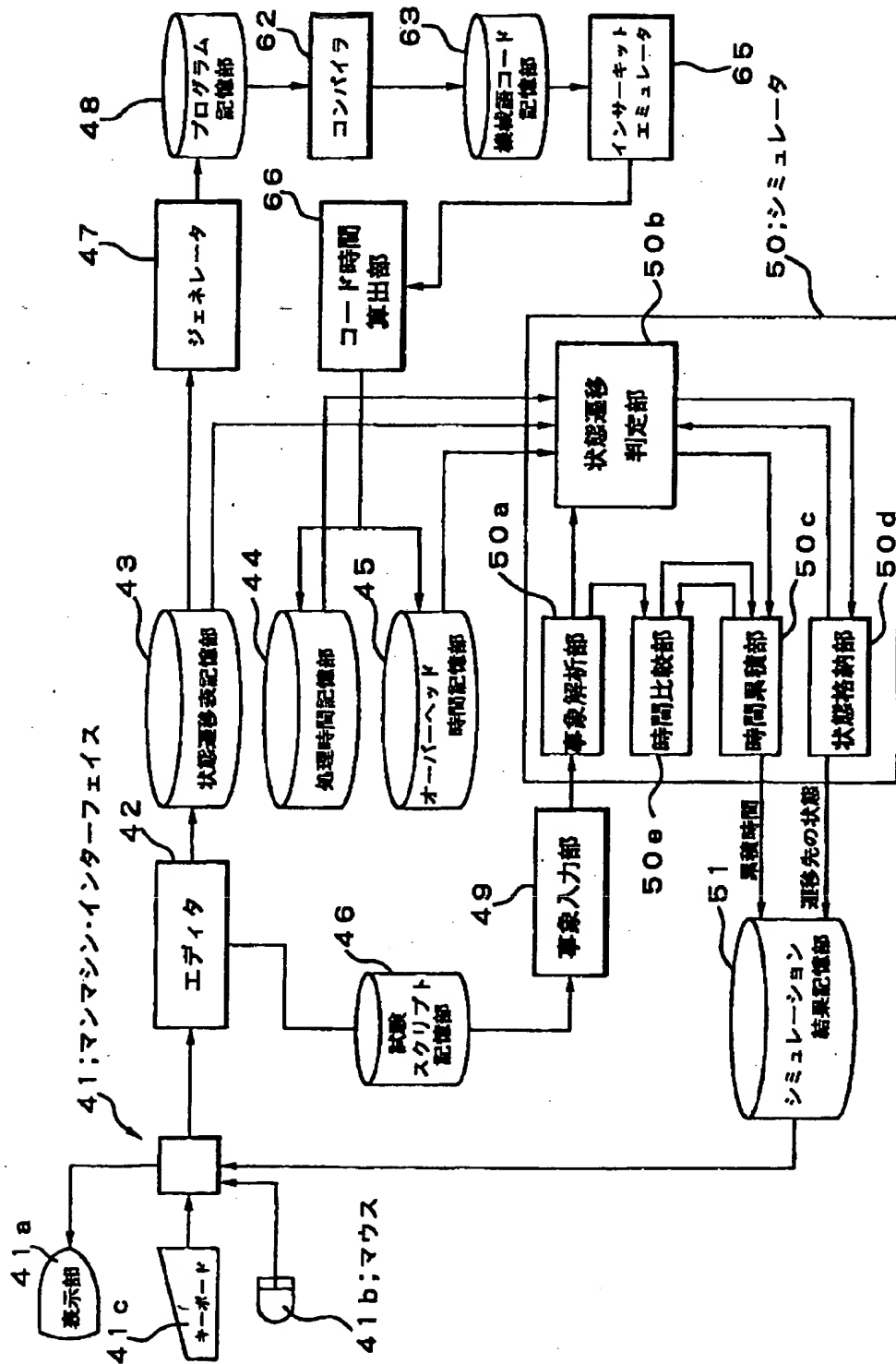




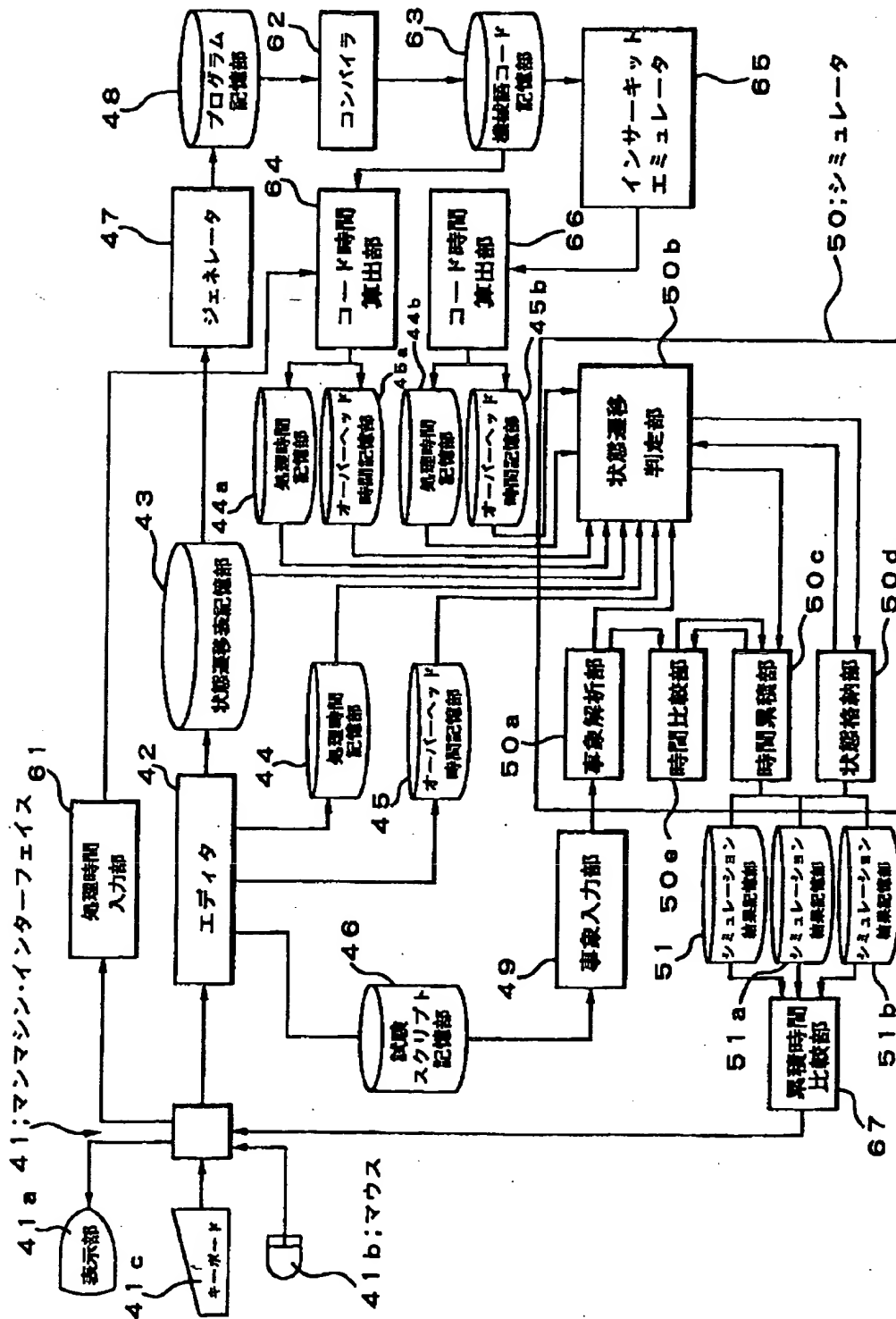
【図17】



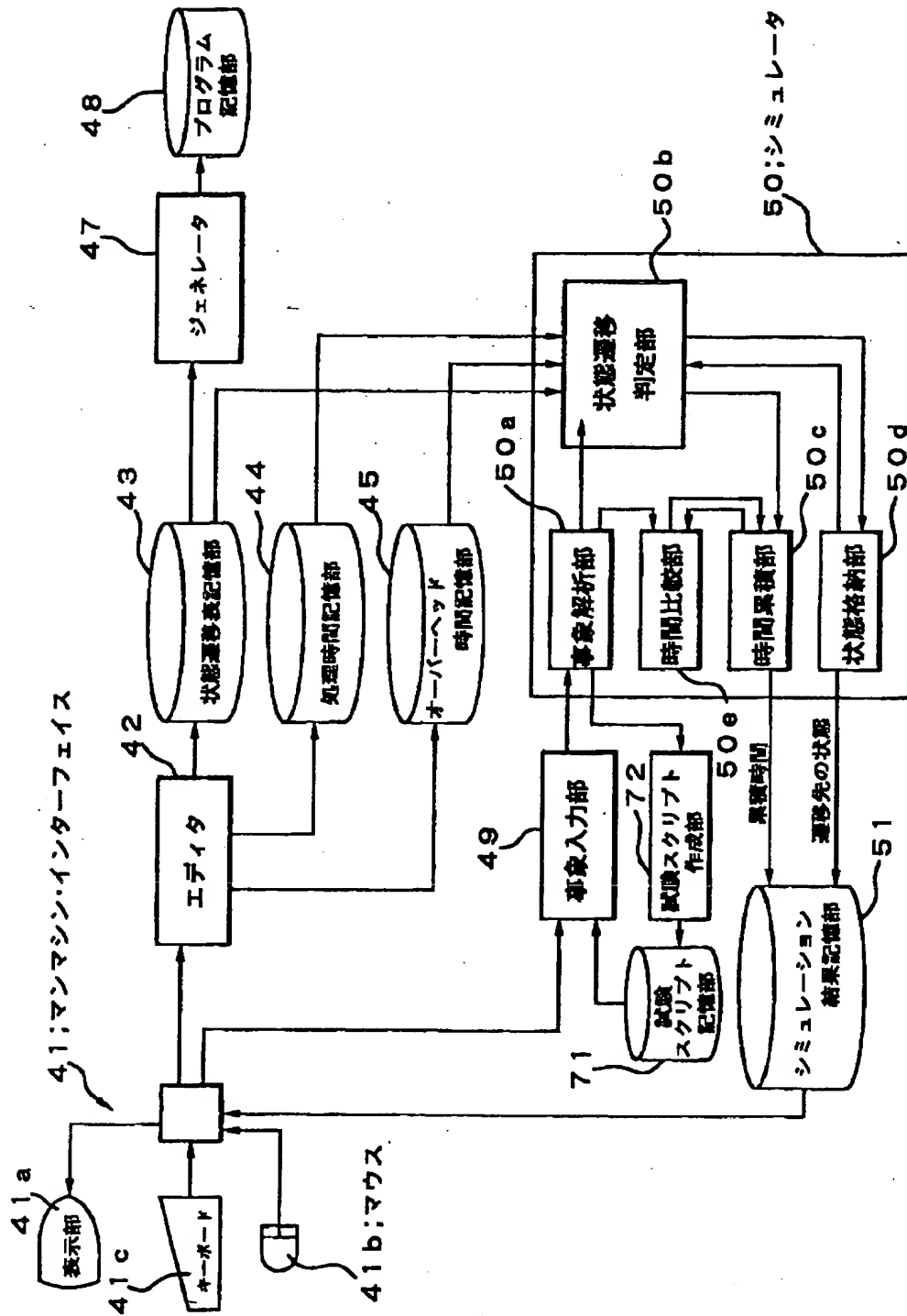
【図18】



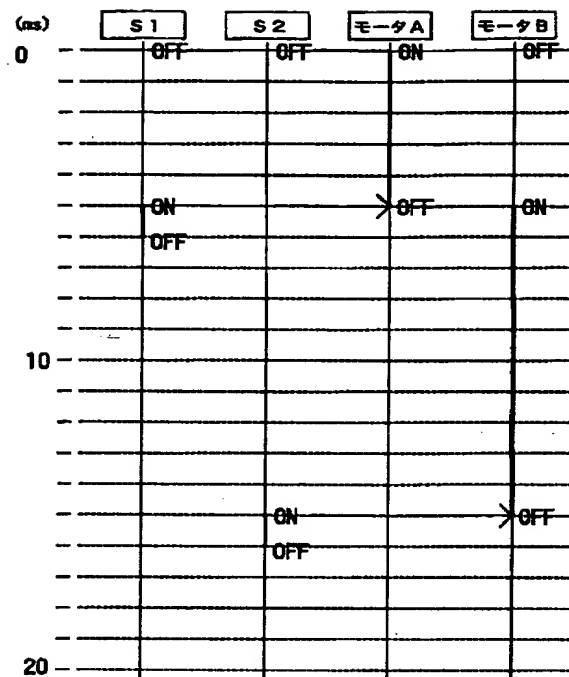
【図19】



【図20】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 政彦  
神奈川県横浜市都筑区勝田町751番地の2  
キャッツ株式会社内

Fターム(参考) 5B042 BB07 CC20 CC29 DD01 DD07  
EA19 FD35

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**